

10ª Reunión Temática

La Ciudad Histórica: Espacio de Encuentro de las Humanidades y las Ciencias Experimentales

Libro de Resúmenes

 **CSIC**
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

Histórico y Cultural
RTPHC
Red Temática de Patrimonio

CSIC

 **eea**
Escuela de
Estudios Árabes

Granada, 14-17 Octubre, 2009

Red Temática del CSIC de Patrimonio Histórico y Cultural

Décima Reunión

La Ciudad Histórica: Espacio de Encuentro de las Humanidades y las Ciencias Experimentales

Granada, 14-17 de Octubre de 2009

Libro de Resúmenes

Volumen editado por
Miguel A. Rogerio Candellera, Julio Navarro Palazón y Maurizio Massaiu



Cómite Organizador

Antonio Almagro Gorbea
Julio Navarro Palazón
Antonio Orihuela Uzal
Cesáreo Sáiz Jiménez
Pedro Jiménez Castillo
Ana García Bueno
Miguel Ángel Rogerio Candelera
Maurizio Massaiu

Comité Científico

Antonio Almagro Gorbea
Luís Caballero Zoreda
Felipe Criado Boado
Julio Navarro Palazón
Rafael Fort González
José Rodríguez Gordillo
Carlos Rodríguez Navarro
Eduardo Sebastián Pardo

Secretaría

Julio Navarro Palazón

Laboratorio de Arqueología y Arquitectura de la Ciudad
C/ Frailes de la Victoria, 7; 18010 Granada
Tel. 958216714
Fax 958229474
e-mail: julionavarro@eea.csic.es

Sede de la Reunión

Escuela de Estudios Árabes
Cuesta del Chapiz, 22; 18010 Granada

La Red Temática del CSIC de Patrimonio Histórico y Cultural integra desde 2001 a más de treinta grupos de investigación radicados en diferentes centros e institutos del CSIC, que se agrupan en cinco áreas de trabajo:

- Arqueología y Patrimonio Arquitectónico
- Química y Materiales
- Física
- Geología
- Biología

La Red desarrolla una importante labor de difusión de las actividades del Consejo Superior de Investigaciones Científicas en el ámbito del Patrimonio Histórico, de forma que estas lleguen a los usuarios finales: Ministerios de Educación y Ciencia y de Cultura, Consejerías de Cultura de las distintas Comunidades Autónomas, Museos, Instituciones Locales, Fundaciones y Empresas. Asimismo, el conocimiento de las distintas líneas y técnicas de actuación de los grupos permite abordar de forma transdisciplinar los problemas a resolver y la presentación conjunta de proyectos en programas nacionales y comunitarios.

Una de las actividades más relevantes de la Red se centra en la organización de las Reuniones Temáticas en las que participan tanto los grupos integrados en la Red del CSIC, como los procedentes de otras instituciones. Desde la constitución de la Red se han celebrado nueve reuniones, que desde 2004 tienen carácter anual.

En esta ocasión la Reunión la organiza en Granada el “Laboratorio de Arqueología y Arquitectura de la Ciudad” (LAAC), adscrito a la Escuela de Estudios Árabes (CSIC) bajo el lema “La ciudad histórica: espacio de encuentro entre las humanidades y las ciencias experimentales”. El objetivo es dar a conocer las investigaciones llevadas a cabo por los distintos grupos de la Red, así como favorecer el encuentro de investigadores y profesionales para el avance de la investigación científica sobre y para el Patrimonio Cultural. La Reunión se ha estructurado en torno a comunicaciones orales, que dispondrán de treinta minutos para su exposición, a los que se añadirá un tiempo adicional para preguntas y debate.

Miércoles 14 de octubre

10.30-11.00	Inscripción y entrega de documentación	
11.00-11.15	Inauguración presidida por Javier Moscoso, Coordinador del Área de Humanidades y Ciencias Sociales del CSIC	
11.15-12.00	Conferencia Invitada Ignacio Henares Cuéllar	"El conocimiento en el modelo moderno de la tutela del Patrimonio"
12.00-12.30	Café	
12.30-14.00	Comunicaciones R. Fort <i>et alii</i>	"Caracterización de las marcas antrópicas en la superficie de las esculturas de Porcuna (Jaén)" "Biodeterioro de una bula de indulgencia del año 1520"
14.00-16.00	Almuerzo libre	
16.00-18.30	Comunicaciones M.A. García del Cura <i>et alii</i> T. Espejo <i>et alii</i> E. Cano <i>et alii</i> M. Álvarez de Buergo <i>et alii</i>	"El Panteón de Quijano (Alicante) ejemplo de alteración de la piedra en jardines urbanos" "Non-destructive analysis of pigments in the Koran of the P.P. Escolapios Library (Granada, Spain) by a laboratory-made portable XRD/XRF system" "Aplicaciones de las técnicas electroquímicas para la evaluación de sistemas de protección del patrimonio cultural metálico" "Efectos de los rayos en el Patrimonio Cultural. Caracterización de las fulguritas"

Jueves 15 de octubre

09.00-11.00	Comunicaciones P. Carmona Quiroga <i>et alii</i> P. Carmona Quiroga <i>et alii</i> A. Orihuela <i>et alii</i>	"Interacción de dos tratamientos anti-graffiti con mortero y pasta de cemento" "Estudio de materiales de construcción mediante DRIFT: Efecto de la concentración, tamaño de partícula y presencia de recubrimiento protector" "El laboratorio de Arqueología y Arquitectura de la Ciudad (LAAC)"
11.00-11.45	Café-visita al LAAC	
11.45-14.00	Comunicaciones F.J. Collado Montero y V.J. Medina Flórez C. Pascual <i>et alii</i> J. Peña-Poza <i>et alii</i>	"Uso de la colorimetría para la caracterización y control de materiales: aplicaciones en el estudio de morteros de fábrica y revestimiento de construcciones históricas" "La tecnología de las pastas islámicas en la porcelana del Buen Retiro. El tratado de Abu'l Qasim" "Aplicación de la tecnología de sensores ambientales a la Biblioteca Tomás Navarro Tomás (CCHS) y evaluación de las condiciones de conservación de sus fondos documentales"
14.00-16.00	Almuerzo libre	
16.00-18.00	Comunicaciones S. Sánchez-Cortés <i>et alii</i> F.J. Ager <i>et alii</i> C. Domingo <i>et alii</i>	"Detección SERS del pigmento orgánico sintético Quinacridona Quinona utilizando Calixarenos como dispersantes" "Nuevo sistema portátil de micro-fluorescencia de rayos X basado en óptica de policapilares para aplicaciones en Patrimonio Histórico y Cultural" "Detección SERS de colorantes orgánicos naturales en fibras textiles teñidas: análisis in situ y sin extracción química previa"
18.00-18.30	Café	
18.30-19.30	Reunión de los miembros de la Red Temática	

Viernes 16 de octubre

09.00-11.00	Comunicaciones L.S. Gómez Villalba <i>et alii</i> M. Castillejo M. Oujja <i>et alii</i>	"La consolidación de materiales pétreos mediante nanopartículas" "Perspectivas en el uso de láseres para la conservación del Patrimonio" "Limpieza láser: una herramienta versátil para la restauración de pintura artística"
11.00-11.30	Café	
11.30-14.00	Comunicaciones A. Almagro Gorbea A. Hernández-Pablos <i>et alii</i> O. López Cruz <i>et alii</i> A. Križnar <i>et alii</i>	"Investigaciones y Restauraciones en el Alcázar de Sevilla" "Avance de resultados del estudio sobre la evolución cromática del alero de la fachada del Palacio de Pedro I, Real Alcázar de Sevilla" "La policromía del alero de la fachada del Palacio de Pedro I, Real Alcázar de Sevilla (avance de resultados)" "A panel painting by the Master of the Female Half-Lengths analysed by portable XRF"
14.00-16.00	Almuerzo libre	
16.00-18.30	Comunicaciones J.F. Cuesta Gómez <i>et alii</i> M.A. Rogerio-Candelera J.I. Murillo Fragero M. Marcos Cobaleda	"Contextualización histórica de datos analíticos: las monedas del Cristo de la Luz (Toledo)" "Aplicación del análisis de imagen al estudio y documentación del arte rupestre" "Arqueología de la Arquitectura en las murallas de León y Cáceres" "Intervenciones en el Patrimonio Almorávide de Marrakech"
18.30-18.45	Clausura	
21.00	Cena de clausura	

Sábado 17 de Octubre

10.00	Visita opcional a la Alhambra, dirigida por Antonio Orihuela
-------	--

Comunicaciones

Caracterización de las marcas antrópicas en la superficie de las esculturas de Porcuna (Jaén)

Rafael Fort,¹ Teresa Chapa,² Carmen Vázquez-Calvo,¹ María Isabel Martínez Navarrete,³ María Belén Deamos,⁴ Ícaro Vallejo⁵

¹Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM). ²Departamento de Prehistoria. Facultad de Geografía e Historia. UCM. ³Centro de Ciencias Humanas y Sociales. CSIC. ⁴Departamento de Prehistoria y Arqueología. Universidad de Sevilla. ⁵Escuela de Cantería. Ayuntamiento de Madrid. e-mail: carmenvazquez@geo.ucm.es

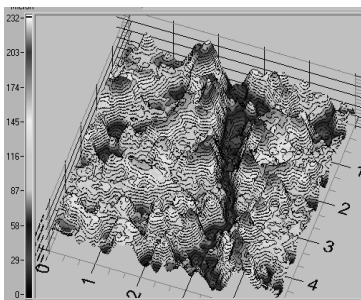
Resumen

El Museo de Jaén conserva un importante conjunto escultórico procedente del Cerrillo Blanco de Porcuna y fechado en el s. V. a.C. Está compuesto por más de 40 estatuas y cientos de fragmentos, que aportan novedosas aportaciones históricas y artísticas (González Navarrete 1987). Las figuras, que han sido sometidas a diversos procesos de limpieza y conservación, están labradas en una calcarenita rica en globigerinas que ha sido tradicionalmente atribuida a las próximas canteras de Santiago de Calatrava (García Martínez y Pérez-Guerra 2006).

Las esculturas fueron voluntariamente destruidas en época antigua, introduciéndose la mayor parte de los fragmentos en una zanja cubierta con losas de piedra. Por esta causa las piezas presentan un excelente estado de conservación. Este hecho ha permitido detectar incisiones en la superficie de las mismas que responden a fines iconográficos, inscripciones o incluso a marcas de escultor. Estas sólo son apreciables mediante la aplicación de una luz rasante. Presentan un gran interés, al ser las primeras señales de este tipo reconocidas en la escultura ibérica (Chapa *et al.* 2009).

El objetivo del presente trabajo es la caracterización de algunas de estas marcas para definir el tipo de herramienta utilizada, así como si se puede obtener algún dato sobre la técnica utilizada en su elaboración.

Metodología: Se seleccionaron dos esculturas en donde se aprecian claramente las marcas de escultor ("Cazador con liebre" y "Lobo atacando a un Cordero"), una con una posible inscripción ibérica (fragmento E46) y las marcas de dentelladas de la serpiente perteneciente al conjunto "Grifo luchando contra Serpiente". Los parámetros de rugosidad Ra, Rq y Rz se obtuvieron mediante el empleo de un rugosímetro de superficie óptico (*Optical Surface Roughness* [OSR]). Los mapas de topografía en 3D son de 25 mm² y la resolución es de 2,5 µm.



Resultados: Las marcas de escultor fueron realizadas con una herramienta punzante con punta de unos 0,7 mm de grosor y por percusión+arrastre. La inscripción que aparece en E46 tiene un grosor más fino (0,54 mm), siendo realizada por arrastre de la herramienta. La punta del instrumento utilizado para las dentelladas del Grifo tenía un grosor de 1,20 mm.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado dentro del Proyecto HUM 2007-60074, así como de los proyectos MATERNAS(S-0505/MAT/94) y Consolider-Ingenio 2007 del MEC (CSD2007-0058).

Referencias

Chapa, T., Belén, M., Martínez-Navarrete, M.I., Rodero, A., Ceprián, B. y Pereira, J., (2009). "Sculptors' signatures on Iberian stone statues from *Ipolca-Obulco* (Porcuna, Jaén, Spain)". *Antiquity* 83 (321): 723-737.

García Martínez, H. y Pérez-Guerra Salgado, J.J. (2006). "Restauración de las esculturas ibéricas de Cerrillo Blanco de Porcuna (Jaén)". *Sautuola* XII: 421-432.

González Navarrete, J. (1987). *Escultura Ibérica del Cerrillo Blanco, Porcuna, Jaén*. Jaén: Diputación Provincial.

Biodeterioro de una bula de indulgencia del año 1520

Valme Jurado,¹ M^a del Pilar Pastrana,² Estefanía Porca,¹ Cesáreo Sáiz-Jiménez¹

¹Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, CSIC. Avenida Reina Mercedes, 10. 41012 Sevilla. ²Centro de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Junta de Castilla y León.
e-mail: vjurado@irnase.csic.es

Resumen

La conservación del papel en archivos y bibliotecas es un tema de interés, ya que cuando la humedad relativa del aire supera el 65 % y el contenido en agua del papel se acerca al 10%, se dan las condiciones idóneas para el desarrollo de microorganismos en este soporte orgánico. El biodeterioro de la celulosa lo causan principalmente especies de hongos de los géneros *Alternaria*, *Aspergillus*, *Chaetomium*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Trichoderma*, etc., así como bacterias de los géneros *Cytophaga*, *Cellvibrio* y actinobacterias.

Si ya resulta difícil conservar en condiciones óptimas los libros y documentos en archivos, más lo es en aquellos casos en que el material se conserva en condiciones pésimas, que garantizan *a priori* una destrucción del material.

Durante las obras de restauración y trabajos arqueológicos efectuados en los sepulcros de don Martín López de Córdoba, regidor de la villa de Cuéllar, y de su esposa, doña Isabel de Zuazo, en la Iglesia de San Esteban de esta villa, se encontró una serie de documentos junto al cuerpo de la esposa.

La documentación, que corresponde a un conjunto de bulas de indulgencias, se caracterizan por ser impresos incunables (antes de 1500), y post-incunables; con una gran riqueza de matices tipográficos e iconográficos. Once documentos son anteriores al 1 de enero de 1501, el primero datado en 1483; doce son anteriores al 31 de diciembre de 1520 y veinticuatro datados entre esta fecha, y la última aparecida en uno de los fragmentos que corresponde a 1539.

En concreto, la bula nº 26, es una Bula de Indulgencia de 1520, otorgada por León X para la fábrica de la santa iglesia de San Pedro de Roma, no figura el tomador que obtendría la absolución de sus pecados, tanto en la vida como en la muerte. Se trata de un post-incunable en medio pliego impreso por una sola cara, con un pésimo estado de conservación. Conserva sello de placa. Va firmada y rubricada por el arzobispo de Granada Antonio de Rojas Manrique.

La bula está impresa en castellano y tiene dos orlas xilografiadas, una ocupa la línea de justificación de la izquierda y la otra se coloca en el margen superior, sobre el epígrafe de la bula.

A fin de documentar el biodeterioro de la bula se tomaron pequeñas muestras, de las que se aisló el hongo *Lecanicillium psalliotae*. Este se trata de un hongo entomopatógeno, que habitualmente se aísla de insectos (Díptera, Hemiptera, Homoptera, etc.), lo que nos hace pensar que su presencia estuvo relacionada con los insectos del cadáver y su implicación en el biodeterioro del papel fue ocasional. Se presentan los estudios moleculares donde se revisan las bacterias y hongos identificados y se discute su papel en el biodeterioro.

El Panteón de Quijano (Alicante) ejemplo de alteración de la piedra en jardines urbanos

M^a Angeles García del Cura, Javier Martínez-Martínez, David Benavente

Laboratorio de Petrología Aplicada. Unidad Asociada Universidad de Alicante-CSIC. Ap. 99, 03080 Alicante.
Instituto Geología Económica. CSIC-UCM. e-mail: angegcara@ua.es

Resumen

El Panteón de Quijano, fue erigido como mausoleo de Trino González de Quijano de Ituregui, gobernador civil de Alicante en 1854 que murió víctima de la epidemia del cólera en el mismo año como consecuencia de su dedicación a los enfermos de la ciudad. El arquitecto municipal, Francisco Morell y Gómez, fue el autor del proyecto, que comenzó a construirse en julio de 1855 y se terminó en 1857. El monumento está situado en el centro de un parque público ajardinado de 3300 m², que lleva su nombre, en el núcleo urbano de la ciudad de Alicante.

Es un conjunto piramidal coronado por un gran obelisco, realizado en una calcarenita gris de grano fino rica en globigerínidos con glauconita, tipo Bateig Azul. En la parte baja presenta cuatro esculturas realizadas en una piedra beige-rosada, calcarenita de grano grueso (Tipo Piedra de San Julián) en la que se observan unas grietas oblicuas a las estructuras sedimentarias. Estas esculturas han experimentado pérdidas de masa y presentan en los laterales algo de alteración alveolar.

La epigraffa está realizada fundamentalmente sobre placas de mármol negro, algunas de las cuales ya han desaparecido, quedando huellas de sus anclajes.

En la calcarenita gris la patología predominante es el desplazado, el cual se ve remarcado por la presencia de eflorescencias, compuestas básicamente de yeso y desarrolladas principalmente en las zonas más próximas al suelo hasta una altura de 1,20 m. Coexistiendo con las eflorescencias se observan rasgos de biocolonización que han coadyuvado al proceso de desplazado.

Las zonas situadas detrás de las esculturas son las zonas mas alteradas de la calcarenita gris, especialmente en la cara Norte. Es notable el buen estado de conservación de las calcarenitas de las zonas altas del monumento, lo que contrasta con la intensa erosión alveolar y desagregación granular sufridas por piedra de este tipo en zonas próximas como la calle de Gravina, donde debió ser reemplazada (Louis *et al.* 2001). También es notable la ausencia de partículas de contaminación en la superficie del monumento.

Se analiza el papel que la vegetación circundante ha tenido en la creación de un microambiente y especialmente su influencia en el nivel de condensación sobre la roca. Por otra parte el tipo de roca presente (variedad azul del Bateig) tiene una dilatación hídrica importante si se compara con materiales similares. Además esta roca presenta una distribución de tamaños de poros accesibles con intervalo modal entre 0.01-1 µm, lo que le hace más susceptible a la alteración por humedad-sequedad (Benavente *et al.* 2008). Este tipo de desplazados, en los que la acción cíclica de humedad sequedad desempeña un importante papel, también han sido observados en diversos monumentos, como en la Catedral de San Mateo, en Tarifa, cuyas rocas de fábrica eran más ricas en minerales hinchables de arcilla (esmeclitas) (Sebastián *et al.* 2008).

Se considera que el microambiente generado por la zona ajardinada influye en las diferentes pautas de la alteración experimentada por las calcarenitas de grano fino, en comparación con otras zonas de la ciudad de Alicante.

Agradecimientos

Este trabajo se enmarca en el Proyecto Maternas (0505/MAT/0094) de la Comunidad de Madrid.

Referencias

- Benavente, D., Cultrone, G. y Gomez-Heras, M. (2008). "The combined influence of mineralogy, hydric and thermal properties in the durability of porous building stones". *European Journal of Mineralogy* 20: 673-685.
- Louis, M., García del Cura, M.A., Spairani, Y. y De Blas, D. (2001). "Building stone and salt weathering in the civil palaces (18th century) of Alicante (Spain)". *Materiales de Construcción* 51: 23-37.
- Sebastian, E., Cultrone, G., Benavente, D., Linares, L., Elert, K. y Rodríguez-Navarro, C. (2008). "Swelling damage in clay-rich sandstones used in Architectural Heritage". *Journal of Cultural Heritage* 9: 66-76.

Non-destructive analysis of pigments in the Koran of the P.P. Escolapios Library (Granada, Spain) by a laboratory-made portable XRD/XRF system

T. Espejo, A. Duran, J. Castaing, J.L. Perez-Rodriguez

Painting Department, Fine Arts Faculty, Granada University. Avda. Andalucia s/n, 18071 Granada (Spain).
e-mail: tespejo@ugr.es

Abstract

The heritage left by the Arab world in the history of religion, sciences and arts is directly related to the documentary sources, including manuscripts of the different historical periods. Until a few years ago, sampling and analysis with destructive techniques was the most usual procedure for the pigments recognition in this type of artworks (Espejo Arias *et al.* 2008). Nowadays, non-destructive techniques such as μ -Raman and X-ray fluorescence are currently performed. A new portable X-ray diffraction/X-ray fluorescence (XRD/XRF) equipment has been designed and constructed in the *Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France* (C2RMF laboratory) at the Louvre Palace (Giannoncelli *et al.* 2008, Duran *et al.* 2009).

Our special focus in this article will be to report on novel results from the Koran of the P.P. Escolapios Library at Granada, which presents some peculiar characteristics that lead us to speculate on the possibility of a transitional codicological typology from the Arabic to the Christian book in Al-Andalus during the 15th century. We have used the portable XRF attached to the XRD that gives access to the crystalline structure of the pigments. X-ray tube with copper anode was used. The experimental set up is shown in Figure 1.

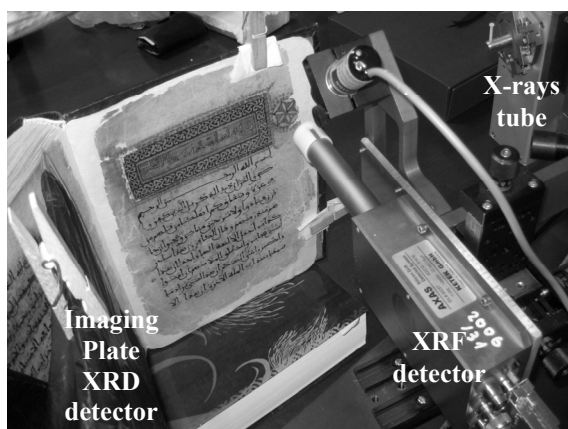


Figure 1. Experimental set up implemented for this work

The measurements were performed in some of the colours of the manuscript on the Arab characters and on the marks of *hizb*. The presence of mercury and sulphur by XRF and cinnabar (HgS) by XRD were detected in the red zones. XRF spectra of light brown and yellow colours showed an elemental composition very similar to the red ones, with the addition of arsenic. Cinnabar and orpiment (As₂S₃) phases were clearly detected by XRD in these zones. No diffraction patterns attributed to crystalline compounds were found in the green and blue colours, possibly due to the low concentration of pigments in these zones. Regarding the XRF spectra, copper was detected in both colours. In all the cases, broad peaks of the cellulose paper were detected by XRD.

The performance of in situ and non-destructive XRD measurements, coupled to XRF, has contributed to the knowledge the materials present in the Koran studied. Moreover, this work shows one of the first case studies on the application of XRD portable systems for the study of Spanish cultural heritage.

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge Prof. Francisco Arquillo for his assistance, and the financial support from contract MEC/FECYT 2007, program EU-ARTECH (FP6, EU, contract RII3-CT-2004-506171), and Project MAT2008-02008 and P08-HUM04188 (Spain and Andalusia Governments).

References

- Duran, A., Castaing, J. and Walter, P. (2009). "X-ray diffraction studies of Pompeian wall paintings using synchrotron radiation and dedicated laboratory made systems". *Applied Physics A* (in press).
- Espejo Arias, T., Lopez Montes, A., Garcia Bueno, A., Duran Benito, A. and Blanc Garcia, R. (2008). "A study about colorants in the Arabic manuscript collection of the Sacromonte Abbey, Granada, Spain: a new methodology for chemical analysis". *Restaurator* 29: 76-106.
- Giannoncelli, A., Castaing, J., Ortega, L., Dooryhée, E., Salomon, J., Walter, P., Hodeau, J.L. and Bordet, P. (2008). "A portable instrument for in situ determination of the chemical and phase compositions of cultural Heritage objects". *X-Ray Spectrometry* 37: 418-423.

Aplicaciones de las técnicas electroquímicas para la evaluación de sistemas de protección del patrimonio cultural metálico

Emilio Cano, Diana Lafuente, José María Bastidas

Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CENIM)-CSIC, Avda. Gregorio del Amo 8, 28040 Madrid.
e-mail: ecano@cenim.csic.es

Resumen

El principal deterioro que afecta al patrimonio cultural metálico es la corrosión, es decir, la reacción de los objetos metálicos con el medio ambiente (el suelo o el agua en objetos arqueológicos enterrados o sumergidos, la atmósfera exterior en esculturas o patrimonio industrial expuesto al aire libre, la atmósfera de interior de un museo, vitrina o almacén, etc.). Para tratar de frenar dentro de lo posible dicho deterioro, es habitual recurrir a recubrimientos orgánicos (barnices y ceras fundamentalmente) que se aplican como sistemas de protección frente al medio ambiente. Dichos recubrimientos, sin embargo, tienen una eficacia limitada, y es importante para el restaurador conocer qué tratamiento es el más eficaz para caso.

Las técnicas electroquímicas son unas de las principales herramientas para la investigación de los fenómenos de corrosión y sistemas de protección de metales. En el campo de la restauración y conservación del patrimonio cultural metálico, las técnicas electroquímicas han sido habitualmente usadas como herramienta para el tratamiento: reducción de productos de corrosión y eliminación de cloruros fundamentalmente. Sin embargo, su uso para la evaluación de la eficiencia de recubrimientos protectores es muy limitada aun y bastante reciente (Cano et al. 2009).

El presente trabajo presenta una breve historia del uso de técnicas electroquímicas, fundamentalmente estudios de resistencia de polarización (R_p) y Espectroscopia de Impedancia Electroquímica (EIS), para la evaluación de recubrimientos protectores para el patrimonio cultural metálico. Como ejemplo de dicha aplicación y las posibilidades que ofrece, se presenta el estudio realizado con distintos sistemas tradicionales en restauración (cera microcristalina y una resina acrílica, Paraloid B72) y no usados hasta ahora para esos fines (Poligen ES 91009) para su aplicación sobre metales históricos. Los resultados de R_p y EIS permitieron comparar los distintos recubrimientos y métodos de aplicación, obteniendo una información muy valiosa con aplicación inmediata en los tratamientos de conservación de objetos metálicos.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Vasilike Argyropoulos y Amalia Siatou, del TEI of Athens, su colaboración para la preparación de las muestras utilizadas en el presente estudio.

Referencia

Cano, E., Lafuente, D., Bastidas, D.M. (2009). "Use of EIS for the evaluation of the protective properties of coatings for metallic cultural heritage: a review". *Journal of Solid State Electrochemistry*. DOI: 10.1007/s10008-009-0902-6

Interacción de dos tratamientos anti-graffiti con mortero y pasta de cemento

P. M. Carmona Quiroga, M.T. Blanco Varela, S. Martínez-Ramírez

Instituto de ciencias de la construcción Eduardo Torroja. Serrano Galvache 4, 28033 Madrid. e-mail: paulacq@ietcc.csic.es

Resumen

El objetivo del presente trabajo es conocer las modificaciones del color, las propiedades hídricas, la porosidad y la permeabilidad al vapor de morteros de cemento tratados con dos *antigrffiti*, además de estudiar la interacción química de esta clase de productos con pasta de cemento hidratada.

Se prepararon y curaron durante 28 días probetas de diferentes tamaños de mortero, usando un cemento CEM I 42,5N y siguiendo el procedimiento recogido en la Norma UNE-EN 196-1. Dichas probetas se impregnaron con dos anti-graffiti permanentes: uno comercial de naturaleza fluorada (Protectosil) y un silicato orgánico modificado (Ormosil).

Sobre probetas con y sin impregnación de antigrffiti se determinaron: las coordenadas cromáticas (L^* a b^*) y el brillo; la porosidad y la distribución de tamaños de poros (porosimetría de mercurio); porosidad accesible al agua, coeficiente de saturación y absorción de agua a baja presión; permeabilidad al vapor de agua. Las propiedades hidrofóbicas conferidas por los tratamientos se evaluaron a través de las medidas del ángulo de contacto dinámico.

Para estudiar la interacción de los anti-graffiti con la pasta de cemento hidratada se prepararon probetas de pasta de cemento, con las mismas dimensiones y condiciones de curado ya descritas, que se trituraron y tamizaron, separando la fracción comprendida entre 250 y 425 μm . La mencionada fracción se impregnó mediante inmersión en disoluciones de los dos anti-graffiti a concentraciones variables. Las pastas impregnadas y sin impregnar se caracterizaron a través ^{29}Si NMR MAS, FTIR y TG-DSC.

Ninguno de los anti-graffiti induce variaciones cromáticas en la superficie del mortero del cemento. El Protectosil no modifica significativamente la porosidad total (accesible al mercurio y al agua) del material, a diferencia del Ormosil que la reduce aproximadamente un 40%, al rellenar fundamentalmente los poros de diámetro inferior a 0.1 μm , lo que se traduce en un descenso de la permeabilidad al vapor de agua del 30.35% y en una importantísima reducción de la cantidad de agua absorbida a baja presión (97%). Los resultados del ángulo de retroceso en cambio, señalan la mayor capacidad hidro-repelente (a corto plazo) del Protectosil, mientras que el Ormosil destaca por su mayor capacidad para sellar los poros del mortero.

Los resultados de ^{29}Si NMR MAS señalan que los dos anti-graffiti reaccionan con el gel C-S-H, incrementando la proporción relativa de Si en posiciones Q^2 en relación a las Q^1 de final de cadena, lo que se traduce en un aumento de la longitud media de cadena. El análisis termogravimétrico y de flujo de calor confirma la interacción, a través del retraso de la deshidroxilación del gel C-S-H entre 100 y 200°C y el adelanto de la temperatura de descarbonatación provocado por el Protectosil y la presencia de una inflexión a 600°C en el DTG de las muestras impregnadas con Ormosil.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Fondo social Europeo y al CSIC la beca predoctoral I3P concedida a Paula María Carmona Quiroga, asignada a la RTPHC del CSIC; así como al MINCI la financiación del trabajo, a través de los Proyectos MAT 2003-08343 y CONSOLIDER CSD2007-00058.

Estudio de materiales de construcción mediante DRIFT: Efecto de la concentración, tamaño de partícula y presencia de recubrimiento protector

P. M. Carmona Quiroga,¹ M. T. Blanco Varela,¹ C. Domingo,² S. Martínez-Ramírez¹

¹Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, CSIC, Serrano Galvache 4, 28033 Madrid.

²Instituto de Estructura de la Materia, CSIC, Serrano 123, 28006 Madrid.

e-mail: paulacq@ietcc.csic.esl

Resumen

Se plantea como objetivo del presente trabajo, establecer las condiciones óptimas de tamaño de partícula y concentración de muestra de tres materiales de construcción de diferente naturaleza química, antes y después de ser impregnados con un tratamiento *antigraffiti*, para lograr las menores distorsiones en los espectros infrarrojo de reflectancia difusa DRIFT (Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform).

Se ha evaluado la influencia de tres parámetros: tamaño de partícula (menos de 45 μm hasta 425 μm) concentración de la muestra (dilución de un 5 y 50% en KBr) y presencia de un recubrimiento *antigraffiti*, en la calidad de los espectros de reflectancia difusa de 3 materiales de construcción: caliza, granito y ladrillo.

Los tres materiales de construcción fueron molidos separando las distintas fracciones granulométricas con una serie de tamices (45, 63, 90, 125, 250, 425 μm). Se registraron los espectros DRIFT de las fracciones granulométricas de cada uno de los intervalos, además de las de <45 micras molidas nuevamente. Las muestras de las fracciones se diluyeron al 5 y un 50% en peso de la muestra en KBr, molido y tamizado al mismo tamaño que las muestras. Asimismo la fracción de la caliza >63 μm <90 μm , se molió de nuevo y se diluyó al 5% en peso.

Igualmente se obtuvieron los espectros de los materiales en polvo impregnados con el *antigraffiti* ($\text{mg}/\mu\text{l} = 1$) de cada una de las fracciones. Para garantizar el mismo tamaño de partícula, las muestras tratadas fueron de nuevo tamizadas.

En la caliza la mayor concentración de las muestras afecta significativamente a la resolución de los espectros, mientras que el incremento del tamaño de partícula se traduce, fundamentalmente, en un ligero descenso de la intensidad de la señal. La presencia del recubrimiento *antigraffiti*, es el factor que más perturba la calidad espectral, excepto en las partículas mas finas (menores de 45 μm) y diluidas (5%).

En muestras más heterogéneas como el ladrillo y el granito, el tamaño de partícula tiene más importancia que la dilución, siendo nuevamente la presencia del tratamiento protector, el parámetro más influyente en la calidad y consiguiente reproducibilidad de la señal, con menor efecto en los espectros de las muestras más diluidas y de menor tamaño de partícula.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Fondo social Europeo y al CSIC la beca predoctoral I3P concedida a Paula María Carmona Quiroga, asignada a la RTPHC del CSIC; así como al MICIN la financiación del trabajo, a través de los Proyectos MAT 2003-08343 y CONSOLIDER CSD2007-00058.

Efectos de los rayos en el patrimonio cultural. Caracterización de las fulguritas

M. Álvarez de Buergo,¹ R. González Laguna,² M. Oujja,³ T. Martín Crespo,⁴ R. Lozano Fernández,² R. Fort,¹ L. Gomez,¹ M. Castillojo,³ S. Martínez⁵

¹ Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM). Facultad de Ciencias Geológicas, UCM, c/ José Antonio Nováis 2, 28040 Madrid. ² Museo del Instituto Geológico y Minero de España IGME. ³ Instituto de Física-Química Rocasolano (CSIC). ⁴ Universidad Rey Juan Carlos, Madrid. ⁵ Instituto de Estructura de la Materia (CSIC). E.mail: alvarezm@geo.ucm.es

Resumen

Cerca de un centenar de rayos se producen en la Tierra por cada segundo que pasa. Cuando estos rayos alcanzan la superficie terrestre, bien sean impactando en suelos o rocas, las altas temperaturas que se generan pueden conducir a la formación de estructuras tubulares de vidrio fundido denominadas fulguritas (del término latín *fulgur*, que significa rayo). Las fulguritas constituyen uno de los casos excepcionales de formación natural de vidrio, junto con los procesos volcánicos (generando obsidiana), y los impactos de meteoritos (que generan las denominadas tectitas). En el caso que aquí se refiere, se trata de la fulgurita generada por el impacto de un rayo en un suelo fundamentalmente granítico (junto con bloques de granito y otros materiales alóctonos como hormigón, este último de sujeción de una torre de alta tensión) en 1998, en el término municipal de Torre de Moncorvo (Portugal). El resultado fue la creación de un tubo vertical hueco, de al menos 2 metros de profundidad, rodeado por una masa de material que sufrió fusión y enfriamiento rápidos, y, a modo de raíces de un árbol, tres ramas horizontales que parten de esta fulgurita vertical. En base a las diferencias observadas en esta fulgurita, se definieron dos facies, la axial vertical, y la radial, y, a su vez, dentro de esta última, la radial proximal y la radial distal (Lozano et al 2007; Martín-Crespo et al 2009).

Además de la descripción petrográfica y geoquímica de esta fulgurita (Martín-Crespo et al 2009), se han utilizado una serie de técnicas y realizado una serie de ensayos para la caracterización de este material: LIBS (Laser induced breakdown spectroscopy) para determinar las variaciones en la composición de los elementos; espectroscopia Raman y difracción de rayos X para determinar fases minerales; y la determinación de parámetros petrofísicos como el color, la densidad, y la porosidad (abierta o accesible al agua y accesible al mercurio). Los resultados muestran que la composición varía de una facies a otra de la fulgurita, y dentro de la sección de una misma fulgurita, desde la parte externa a la interna, debido fundamentalmente a variaciones en el grado de fusión.

Aunque existen multitud de ejemplos del efecto de los rayos en el patrimonio cultural construido (que deriva fundamentalmente en fuego), las fulguritas constituyen materiales de gran rareza y nada frecuentes de encontrar. El objetivo final de este trabajo es conocer, investigar y caracterizar los efectos y resultados de este fenómeno natural en el patrimonio cultural, bien sea natural o construido.

Agradecimientos

A los proyectos CONSOLIDER (CSD2007-0058) y MATERNAS (0505/MAT/0094), y a la Red Temática del CSIC de patrimonio Histórico y Cultural (RTPHC).

Referencias

- Lozano Fernández, R.P., González Laguna, R., Martín Crespo, T. (2007). "Descripción Macroscópica de la Fulgurita de Torre de Moncorvo (Portugal)". *Geogaceta* 42: 139-142.
- Martín Crespo, T., Lozano Fernández, R.P., González Laguna, R. (2009). "The fulgurite of Torre de Moncorvo (Portugal): description and analysis of the glass". *European Journal of Mineralogy* 21: 783-794.

Uso de la colorimetría para la caracterización y control de materiales: aplicaciones en el estudio de morteros de fábrica y revestimiento de construcciones históricas

Francisco J. Collado-Montero, Víctor J. Medina-Flórez

Universidad de Granada, Departamento de Pintura. Facultad de Bellas Artes. Avda. de Andalucía s/n 18071 Granada. e-mail: fcollado@ugr.es

Resumen

En el ámbito del estudio científico de los materiales que integran el patrimonio arquitectónico y arqueológico, el análisis colorimétrico puede contribuir, sin duda, a una más completa caracterización de los mismos, completando la información que nos proporcionan los demás exámenes físico-químicos sobre su naturaleza y propiedades, así como al control del envejecimiento o de diversas actuaciones de conservación y restauración.

Aunque, frecuentemente, no suele emplearse este tipo de análisis, consideramos que puede suponer un valioso complemento en la investigación histórica y arqueológica de los materiales constructivos y de acabado de edificios (morteros, revocos, yeserías...), permitiéndonos, entre otras, las siguientes aplicaciones:

- Especificar (identificar unívocamente), mediante métodos instrumentales (medición numérica), el color de los materiales, como parte de las características ópticas de los mismos.
- Determinar el proceso de envejecimiento a partir de la medición de las diferencias de color.
- Controlar determinados tratamientos de restauración que influyen directamente en el color: protección, consolidación, reintegración, restitución.
- Documentar sistemáticamente el color de objetos culturales (banco de datos informatizado), entre ellos los elementos arquitectónicos constructivos y de acabado, que facilite su correlación con otras características de los mismos (tipológicas, compositivas, cronológicas, etc.).
- Analizar estadísticamente los datos colorimétricos registrados, determinando frecuencias absolutas y relativas de gamas cromáticas según material, tipología, cronología y otros aspectos.

En esta comunicación recogemos el método de estudio colorimétrico de materiales arqueológicos arquitectónicos mediante el uso de espectrofotómetro portátil, sus posibilidades y su aplicación en dos estudios de caso seleccionados como ejemplos (Casa de San Buenaventura, 2 –Granada–, Alcázar Real –Guadalajara–), realizados al amparo del Grupo del PAI *HUM104* (investigador principal: J. Navarro) y del Proyecto HUM 02829 (Junta de Andalucía, investigador principal: V. J. Medina) en los que participamos.

Agradecimientos

A los miembros del Grupo del Plan Andaluz de Investigación *HUM104: Laboratorio de arqueología y arquitectura de la ciudad*, dirigidos por el Dr. Julio Navarro, que, amablemente, nos han facilitado la información documental solicitada y el acceso a la toma de muestras de materiales arquitectónicos, y al resto de investigadores del Proyecto de Excelencia *HUM02829*, financiado por la Junta de Andalucía (investigador principal: Dr. V.J. Medina).

Referencias

- Almagro, A., Navarro, J. y Orihuela, A. (2008). "Metodología en la Conservación del patrimonio arquitectónico medieval". En C. Sáiz y M. A. Rogerio (eds.) *La investigación sobre Patrimonio Cultural*: 87-98. Sevilla: Red Temática del CSIC de Patrimonio Histórico y Cultural.
- Collado, F. J., Medina, V. J. y García, A. (2007), *Metodología de estudio cromático de acabados arquitectónicos. Aplicación en la Ciudad Histórica de Granada*. Granada: Editorial Universidad de Granada.

La tecnología de las pastas islámicas en la porcelana del Buen Retiro. El tratado de Abu'l Qasim

Carmen Pascual,¹ Paloma Recio,¹ Emilio Criado,¹ Salvador de Aza,¹ Francisco José Valle,¹ Carmen Mañueco²

¹Instituto de Cerámica y Vidrio. CSIC. Kelsen, 5. Campus de Cantoblanco. 28049 Madrid. ²Museo Arqueológico Nacional. Serrano 13. 28001 Madrid. e-mail: cpascual@icv.csic.es

Resumen

En 1760 Carlos III funda en Madrid la Fábrica de porcelana del Buen Retiro. Aunque históricamente se ha considerado que fue una mera continuación de la de Capodimonte (1743-1759), los estudios que actualmente se realizan indican que Buen Retiro produjo distintos tipos de porcelana y que participó como la mayoría de las manufacturas europeas en la búsqueda de este valioso material que llegaba de China. La evolución de la porcelana estuvo solo inicialmente condicionada por el secretismo de las fórmulas. Más adelante, otros factores como el proteccionismo oficial, la inversión del capital privado y sobre todo la disponibilidad de las materias primas y el conocimiento científico marcaron grandes diferencias entre los distintos países.

En este contexto se aborda la caracterización de un grupo de piezas pertenecientes al Museo Arqueológico Nacional y algunos fragmentos encontrados en la Excavación Arqueológica del Huerto del Francés (1996-1997) que presentan en común una pasta con un alto contenido en cuarzo, una baja concentración de cal y magnesia y una microestructura que las asemeja a la “stonepaste” o “fritware” (pasta fritada) que se desarrolló inicialmente en El Cairo fatimí (1025–75) y se extendió hacia Siria e Irán a finales del siglo XI y durante todo el siglo XII. Así, el tratado Abu'l Qasim, un afamado alfarero de Tabriz en Persia, describe en 1301 una pasta fritada elaborada a partir de cuarzo finamente molido y relativamente pequeñas cantidades de una frita alcalina y una arcilla blanca. Se conseguía, utilizando una mínima cantidad de arcilla, un material que podía competir con la porcelana china, que ya era conocida en Irán en el siglo XI. La pasta fritada islámica alcanzó su máximo auge en Iznik, en la Turquía otomana, a finales del siglo XV y principio del siglo XVI. A través de Persia y Turquía llegaba a Europa la porcelana china y, con ella e incluso sin diferenciar, los objetos de pasta fritada islámica.

Indudablemente el tratado de Abu'l Qasim no fue el único documento que recogió la tecnología cerámica ni fue el único que llegaría a través del Mediterráneo a Europa. El análisis elemental de las piezas que se describen ahora muestra algunas diferencias de composición respecto a la receta que recoge el tratado. Sin embargo el análisis mineralógico y microestructural indican un proceso de producción idéntico al de las pastas fritadas islámicas y claramente diferenciado de el que se siguió en Capodimonte. La identificación entre las piezas de Buen Retiro de una pasta fritada similar a la islámica contribuye a esclarecer el origen de la porcelana tierna en la Europa Meridional.

Aplicación de la tecnología de sensores ambientales a la Biblioteca Tomás Navarro Tomás (CCHS) y evaluación de las condiciones de conservación de sus fondos documentales

J. Peña-Poza, T. Palomar, J.F. Conde, F. Agua, M. García-Heras, M.A. Villegas

*Instituto de Historia, Centro de Ciencias Humanas y Sociales, CSIC. Calle Albasanz, 26-28. 28037 Madrid.
e-mail: javier.pena@cchs.csic.es*

Resumen

Los sensores ambientales de respuesta óptica basados en la tecnología sol-gel se han diseñado y preparado en diversos proyectos de investigación. Su carácter innovador se ha orientado preferentemente hacia la conservación preventiva del Patrimonio Cultural, mediante la evaluación anticipada de diversos parámetros ambientales que afectan o pueden afectar negativamente la correcta conservación de los materiales integrados en dicho patrimonio. La monitorización de los parámetros ambientales permite en definitiva predecir los posibles mecanismos quimicofísicos de degradación y los procedimientos más adecuados para controlarlos.

Los sensores sol-gel consisten en una matriz reticulada mixta de enlaces siloxano y grupos silanol en la que se encuentra encapsulada una fase sensible. Dicha fase, a pesar de estar ligada a una matriz permanentemente, conserva su reactividad química frente a los parámetros ambientales a evaluar. Los sensores ambientales pueden prepararse en forma de suspensión coloidal (sol no densificado), xerogel o recubrimiento delgado (gel parcialmente densificado). Todos los sensores son reversibles, regenerables y reutilizables.

Los parámetros ambientales evaluados en los fondos documentales de la biblioteca Tomás Navarro Tomás del CCHS han sido: temperatura, humedad relativa, iluminación y acidez. En la primera etapa se determinaron los intervalos críticos de variación de las condiciones particulares de temperatura, humedad relativa e iluminación utilizando aparatos convencionales. A continuación se diseñaron y prepararon por vía sol-gel sensores ambientales de respuesta óptica con sensibilidad en dichos intervalos que, una vez calibrados, se distribuyeron en distintas posiciones de las estancias donde se encuentran los fondos documentales. La respuesta óptica de los sensores se registró mediante espectrofotometría VIS convencional durante la temporada de primavera-verano del presente año. A la ventaja de utilizar sensores de bajo coste de producción se unen otras ventajas; como son la ausencia de cables y aparatos durante los tiempos de exposición de los sensores *in situ*, su pequeño tamaño, reversibilidad y tiempos cortos de respuesta. Los resultados obtenidos han permitido conocer de un modo global las condiciones de conservación de los fondos documentales de la biblioteca Tomás Navarro Tomás en el CCHS, incluyendo el parámetro acidez ambiental que hasta ahora no es posible evaluar con los procedimientos convencionales disponibles.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la biblioteca TNT del CCHS su colaboración, especialmente a su Directora Pilar Martínez, a Francisco González y Alejandro Jiménez. Asimismo agradecen la financiación del Programa Consolider Ingenio 2010 TCP-CSD 2007-00058 y del proyecto CICYT-MAT ref. 2006-04486. J. Peña-Poza agradece al Programa mencionado un contrato y T. Palomar al MICINN una beca predoctoral FPU.

Detección SERS del pigmento orgánico sintético Quinacridona Quinona utilizando Calixarenos como dispersantes

S. Sánchez-Cortés, E. del Puerto, J.V. García-Ramos, C. Domingo

Instituto de Estructura de la Materia, CSIC, Serrano 121, 28006 Madrid. e-mail: imts158@jem.cfmac.csic.es

Resumen

La espectroscopía SERS (Surface-enhanced Raman Scattering) es una técnica analítica de muy alta sensibilidad que ha comenzado hace pocos años (Cañamares *et al.* 2004) a ser utilizada en la detección y caracterización molecular de pigmentos orgánicos naturales utilizados desde la antigüedad en obras de arte. Por otra parte, los pigmentos orgánicos sintéticos - predominantemente azo pigmentos, ftalocianinas y quinacridonas (Smith 2002) - que se han utilizado de forma mayoritaria en materiales artísticos desde 1950, son realmente difíciles de identificar y se requieren nuevos métodos de análisis de los mismos. Muy recientemente se ha aplicado con éxito la técnica LDMS (Laser Desorption Mass Spectrometry), junto con las más convencionales FTIR y EDS, en la identificación de varios pigmentos sintéticos utilizados en obras de arte de la colección del Philadelphia Museum of Art (Kirby *et al.* 2009). Por nuestra parte, hemos comenzado a investigar las posibilidades de la técnica SERS para la detección de pigmentos orgánicos sintéticos, presentándose aquí los primeros resultados de la caracterización SERS de uno de ellos, la Quinacridona Quinona QAQ (CI 73920), en coloides de plata.

La estructura de la molécula de QAQ (Figura 1) propicia la formación de enlaces de hidrógeno intermoleculares muy fuertes entre los grupos CO y NH, que originan su insolubilidad en agua y disolventes orgánicos. Por ello, este pigmento y otros de la misma familia, se utilizan en la práctica dispersándolos, por ejemplo, en líquidos iónicos. Nosotros hemos probado una serie de calixarenos (CXs) como dispersantes de este pigmento, valorando a la vez la eficacia de los mismos para la detección SERS de la QAQ. Dicha eficacia puede relacionarse con la capacidad de los CX para actuar como receptores moleculares (*cavitands*) de la QAQ en función del diferente tamaño de la cavidad (4 u 8 anillos) y de los distintos sustituyentes de los bordes superior e inferior. Debido a tales características, los CXs aproximan más o menos la QAQ a la superficie de las nanopartículas de plata existentes en los coloides acuosos empleados como sustratos metálicos para la detección SERS, lo que se refleja en una mayor o menor intensidad de los correspondientes espectros SERS de la QAQ dispersada en los CXs.

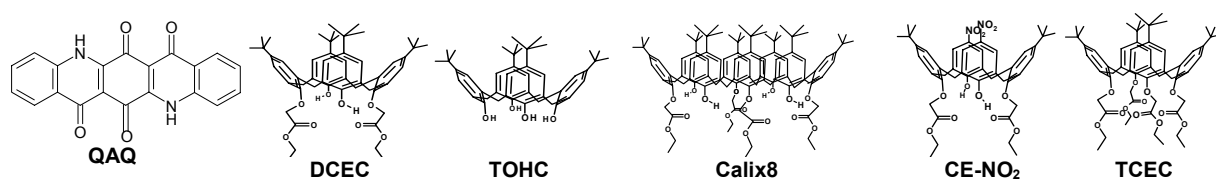


Figura 1. Estructura molecular de QAQ y de los calixarenos utilizados. Sustituyentes: borde superior: grupos p-terc-butilos (excepto que se diga otra cosa). CE: grupos carboetoxi. D: di. T: tetra

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el *Ministerio de Ciencia e Innovación* (Proyectos MONASES FIS2007-63065 y CONSOLIDER CSD2007-0058/TCP) y la *Comunidad de Madrid* (Proyecto MICROSERES S-0505/TIC-0191). E. del P. agradece al CSIC la concesión de una beca predoctoral JAE-CSIC.

Referencias

- Cañamares, M.V., García-Ramos, J.V., Domingo, C. y Sánchez-Cortés, S. (2004). "Surface-enhanced Raman scattering study of the adsorption of the anthraquinone pigment alizarin on Ag nanoparticles". *Journal of Raman Spectroscopy* 35: 921-927.
- Kirby, D.P., Khandekar, N., Sutherland, K. y Price, B.A. (2009). "Applications of laser desorption mass spectrometry for the study of synthetic organic pigments in works of art". *International Journal of Mass Spectrometry* 284: 115-122.

Smith, H.M. (ed.) (2002). *High Performance Pigments*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag.

Nuevo sistema portátil de micro-fluorescencia de rayos X basado en óptica de policapilares para aplicaciones en Patrimonio Histórico y Cultural

Francisco J. Ager, Miguel A. Respaldiza, Blanca Gómez-Tubío, Ana Isabel Moreno-Suárez, M. Ángeles Ontalba-Salamanca, Inés Ortega-Feliu

Centro Nacional de Aceleradores. Avda. Thomas A. Edison, 7, 41092 Sevilla. e-mail: respaldiza@us.es

Resumen

El reciente desarrollo de los elementos ópticos de rayos X y de los detectores compactos, ha permitido la fabricación de sistemas de espectrometría portátiles de reducido tamaño. Ello permite llevar a cabo medidas mediante microfluorescencia de rayos X ya no sólo en los laboratorios, sino además en museos y otros lugares donde el traslado de los objetos a analizar resulta totalmente imposible o presenta serias dificultades, por su tamaño, valor, estado de conservación, etc.

En concreto, el uso de óptica de capilares y los tubos de rayos X microfocalizados, en el apartado de producción de rayos X, o los silicon drift detectors (SDD), sin necesidad de enfriamiento con nitrógeno líquido, en el apartado de detección de la radiación, son los dos avances más importantes que han posibilitado la construcción de dichos sistemas.

El potencial de la técnica convencional de fluorescencia de rayos X (XRF) se ve mejorado mediante la aplicación de la microfluorescencia de rayos X (μ -XRF), pudiéndose incluso obtener mapas bidimensionales de composición e imágenes tridimensionales. La reducción del tamaño de haz hasta una escala micrométrica ha aumentado significativamente la resolución espacial analítica, beneficiándose en particular el estudio del Patrimonio Histórico y Cultural, donde los análisis científicos son cada vez más importantes, como complemento a los estudios tradicionales, dado se posibilita el estudio in-situ de pequeños detalles como: soldaduras, incrustaciones, restos presentes en los objetos, identificación de pigmentos, etc.

Además, la aparición de equipos portátiles comerciales de XRF equipados con fibras policapilares, para realizar XRF confocal, sirven de alternativa, en determinados casos, a la extracción de muestras estratigráficas, ya que permiten el análisis no destructivo en profundidad de los objetos bajo estudio.

En nuestro caso, el sistema de μ -XRF portátil está basado en un tubo de rayos X comercial iMOXS - Modular X-Ray Source, de la compañía alemana Institute for Scientific Instruments (IFG), con óptica de policapilares de rayos X (Bjeoumikhov 2004), que permite el análisis con una resolución espacial nominal de 30 μ m para los rayos K-X del molibdeno. El ánodo utilizado es de Rh, pudiéndose polarizar hasta 50 kV y obtener una corriente de hasta 800 μ A. A la salida del haz de rayos X se sitúa un carrusel de diferentes filtros (Al, V/Cr, etc), dependiendo del material a analizar. El ánodo es fácilmente intercambiable, y próximamente se le incorporará también uno de W para aumentar las posibles aplicaciones del sistema

La detección de los rayos X emitidos por la muestra analizada se realiza con un detector portátil de rayos X del tipo SDD, modelo X123, fabricado por Amptek (Redus *et al.* 2006) con un cristal de silicio de 450 μ m de espesor y 7 mm² de área, una resolución nominal de 149 eV a 5,9 keV, teniendo una ventana de entrada de berilio de 12,5 μ m.

Se ha diseñado un soporte de acero para mantener fija la geometría del sistema. El tubo de rayos X se mantiene sobre la perpendicular de la superficie de la muestra, mientras que el detector SSD forma un ángulo de 45° respecto de esa dirección. El punto de análisis queda determinado mediante un sistema de dos micro-diodos láser, montados en el soporte y alineados con el tubo sobre el plano de focalización del policapilar. La imagen de la zona analizada se obtiene con un microscopio VZM™ 1000i de Edmund Optics con un campo de visión de 1,92mm a 0,48mm y un aumento de 2,5x a 10x, acoplado a una cámara de vídeo CCD. Además de todo esto, sobre el soporte también están montados una cámara de vídeo tipo webcam para obtener una visión general de la muestra analizada y un sistema de iluminación de fibra óptica variable con dos puntos de iluminación.

Todo el sistema portátil se completa además con un sistema motorizado de 3 ejes para el movimiento de la muestra a analizar, en caso de ser necesario, con motores de paso de 1,25 μm (paso completo) o 0,156 μm (1/8 de paso) y controlado por ordenador.

Las primeras medidas de resolución del sistema arrojan unos 65 μm para los rayos K-X del hierro, y se han llevado ya a cabo algunas aplicaciones en Patrimonio Cultural, como el análisis de soldaduras en joyería tartésica.

Referencias

IFG Institute for Scientific Instruments GmbH Rudower Chaussee 29/31 D-12489 Berlin (www.ifg-adlershof.de).

Bjeoumikhov, A., Langhoff, N., Rabe, J. y Wedell, R. (2004). "A modular system for XRF and XRD applications consisting of a microfocus X-ray source and different capillary optics". *X-ray Spectrometry* 33: 312-316.

Redus, R., Huber, A., Pantazis, J., Pantazis, T. y Sperry, D. (2006). "Design and performance of the X-123 compact X-ray and gamma-ray spectroscopy system". *2006 IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record*: 3794-3797.

Detección SERS de colorantes orgánicos naturales en fibras textiles teñidas: análisis in situ y sin extracción química previa

C. Domingo, Z. Jurasekova, E. del Puerto, G. Bruno, S. Sánchez-Cortés, J.V. García-Ramos

Instituto de Estructura de la Materia, CSIC, Serrano 121, 28006 Madrid. e-mail: cdomingo@iem.cfmac.csic.es

Resumen

La puesta a punto de nuevos métodos no destructivos (o micro destructivos) para detección de colorantes orgánicos naturales en muestras de interés en el Patrimonio Cultural (textiles históricos, pinturas, etc.) es un tema de gran actualidad y relevancia, ya que los métodos más utilizados hasta ahora (técnicas de cromatografía) requieren una considerable cantidad de muestra y unos agresivos tratamientos de extracción previos basados en hidrólisis que condicionan su aplicación a obras de arte, de las que, en general, solo puede tomarse una mínima cantidad de muestra. Tales tratamientos parecían que no podían evitarse, dado que en el proceso de tinción se emplean mordientes con los que los colorantes forman complejos.

Durante los últimos siete años nuestro grupo de investigación ha venido realizando trabajos de investigación fundamental sobre la caracterización de colorantes orgánicos naturales de interés en el Patrimonio Cultural (antraquinonas y flavonoides principalmente) mediante la técnica ultrasensible de espectroscopía molecular SERS (Surface-enhanced Raman Scattering) (Jurasekova et al. 2008a y referencias allí citadas). Como consecuencia de nuestras investigaciones hemos podido llevar a cabo recientemente, con éxito, la detección in situ de algunos de estos colorantes en textiles teñidos, y sin que sea necesario tratamiento químico previo de los mismos. Las muestras estudiadas incluyen fibras de distintos materiales (lana, seda, lino) teñidas según recetas tradicionales antiguas europeas (Jurasekova et al. 2008b,) o de tintoreros americanos pre-colombinos (del Puerto et al. 2008), así como un textil histórico de los siglos VI-VIII del periodo bizantino e islámico, procedente de una excavación arqueológica en Egipto. El método utilizado para llevar a cabo la detección SERS “en la fibra” consiste en la producción e inmovilización de nanopartículas de plata sobre la propia muestra a estudiar, mediante fotorreducción de nitrato de plata con láser a 514 nm en la zona de focalización del láser (área menor de 2 micras cuadradas utilizando un objetivo de microscopio 100X), y posterior obtención del correspondiente espectro SERS excitando con el mismo láser. Este método fue primero puesto a punto en nuestro laboratorio utilizando como analito problema uno de los colorantes orgánicos naturales más utilizado, la alizarina, depositando una alícuota de una disolución muy diluida de alizarina pura sobre diferentes sustratos (Cañamares et al. 2007). El método aplicado con éxito a muestras reales satisface los requerimientos de los conservadores de Patrimonio Cultural: alta sensibilidad, es “micro-destructivo” y no necesita tratamiento previo de las muestras.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (Proyectos MONASES FIS2007-63065 y CONSOLIDER CSD2007-0058/TCP) y la Comunidad de Madrid (Proyecto MICROSERES S-0505/TIC-0191). Z.J. agradece a la UE por la “Marie Curie Early Stage Research Training Fellowship” concedida en el 6º Programa Marco (Contrato MEST-CT-2004-513915). E. del P. agradece al CSIC la concesión de una beca predoctoral JAE-CSIC.

Referencias

- Cañamares, M.V., García-Ramos, J.V., Gómez-Varga, J.D., Domingo, C. y Sánchez-Cortés, S. (2007). “Ag nanoparticles prepared by Laser Photoreduction as substrates for in situ Surface-Enhanced Raman Scattering Analysis of dyes”. *Langmuir* 23: 5210-5215.
- del Puerto, E., Jurasekova, Z., Sánchez-Cortés, S., García-Ramos, J.V., Domingo, C. y Roquero, A. (2008). “Towards a Surface-Enhanced Raman spectra database of dyed textiles”, Panel P7-3, XXIX European Congress on Molecular Spectroscopy (EUCMOS 2008), Opatija (Croacia).
- Jurasekova, Z., Cañamares, M.V., Sánchez-Cortés, S., Domingo, C. y García-Ramos, J.V. (2008a). “Aplicaciones de la espectroscopía Raman intensificada por superficies metálicas nanoestructuradas (SERS) a la determinación de pigmentos y tintes orgánicos de interés en el Patrimonio Cultural”. En C. Sáiz y M.A. Rogerio (eds.) *La Investigación sobre Patrimonio Cultural*: 169-181. Sevilla: Red Temática del CSIC de Patrimonio Histórico y Cultural.
- Jurasekova Z., García-Ramos J.V., Domingo C. y Sánchez-Cortés S. (2008b). “In situ detection of flavonoids in weld-dyed wool and silk textiles by surface-enhanced Raman scattering”. *Journal of Raman Spectroscopy* 39: 1309-1312.

La consolidación de materiales pétreos mediante nanopartículas

Luz Stella Gómez Villalba, Paula López-Arce, Mónica Álvarez de Buergo y Rafael Fort

Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM), c/ José Antonio Nováis 2, 28040 Madrid.
e-mail: luzgomez@geo.ucm.es

Resumen

La petrología se ha convertido en una disciplina básica para el avance en la investigación y conservación del patrimonio arquitectónico y monumental, en las causas que generan su deterioro, así como en las técnicas de conservación y protección más adecuadas en función de las características petrofísicas y del entorno en que se encuentran los materiales (Fort *et al.* 2008).

Gran parte del deterioro de los materiales está directamente relacionado con aspectos intrínsecos de los mismos, tales como sus características texturales y composicionales, la porosidad, y el grado de alteración de los minerales presentes. Además, existen una serie de factores extrínsecos relacionados con el ambiente en el cual se encuentran (climáticos y ambientales, biológicos y antrópicos, etc) los cuales contribuyen en diferente grado a la degradación de los monumentos.

El desarrollo en los últimos años de la nanotecnología y la nanociencia, y el interés que suscitan, se basa en que a escala nanométrica el comportamiento de los materiales se ve modificado como resultado de la reducción del tamaño.

Recientemente se ha planteado la nanotecnología como una oportunidad para su aplicación en la conservación de rocas. Entre los consolidantes utilizados para restablecer la cohesión perdida de los materiales pétreos del patrimonio arquitectónico, el hidróxido de calcio es ampliamente conocido (Ashurst *et al.* 1990). La existencia de diferentes métodos de síntesis de nanopartículas para ser aplicados en la conservación de materiales pétreos (Dei *et al.* 2006, Mosquera *et al.* 2008, Ziegenbald 2008), ha abierto la posibilidad de evaluar el efecto de consolidantes como la nanocal sobre rocas carbonáticas, mediante técnicas no destructivas, en diferentes condiciones ambientales al favorecer los procesos de carbonatación y mejorar sus propiedades físicas e hídricas (López-Arce *et al.* 2009).

Los productos sintetizados presentan características morfo-estructurales y químicas diferentes según el método de síntesis utilizado, siendo susceptibles a factores como la humedad relativa, el tiempo de exposición al producto, la temperatura y los aspectos texturales y mineralógicos de los materiales pétreos sobre los cuales ha sido aplicado. El estudio del efecto de los productos consolidantes basados en nanopartículas obtenidos por diferentes métodos de síntesis aplicados con el fin de minimizar el deterioro de los geomateriales permitirá evaluar su comportamiento a nanoescala, su evolución morfológica, la variación cristalina y analizar su reacción con diversas superficies a las que han sido expuestas. Igualmente, dicho estudio hará posible la valoración del comportamiento de estos consolidantes en diferentes condiciones ambientales con el fin de mejorar así las propiedades fisicoquímicas de los materiales pétreos.

Referencias

- Fort, R., García del Cura, M.A., Varas, M.J., Bernabeu, A., Álvarez de Buergo, M., Benavente, D., Vázquez-Calvo, C., Martínez-Martínez, J. y Pérez-Monserrat, E. (2008). "La Petrología: una disciplina básica para el avance en la investigación y conservación del Patrimonio". En C. Saiz Jiménez y M.A. Rogerio-Candelera (eds.) *La investigación sobre Patrimonio Cultural*: 217-239. Sevilla: Red Temática del CSIC de Patrimonio Histórico y Cultural.
- Ashurst, J. y Dimes F.G. (1990). "The cleaning and treatment of limestone by the lime method". En J. Ashurst y F.G. Dimes (eds.) *Conservation of Building and Decorative Stone*, Second Edition. Vol 2: 169-184. Oxford: Butterworth Heinemann.
- Dei, L. y Salvadori, B. (2006). "Nanotechnology in cultural heritage conservation: nanometric slaked lime saves architectonic and artistic surfaces from decay". *Journal of Cultural Heritage* 7(2): 110-115.
- Mosquera, M. J., de los Santos, D.M., Montes, A., y Valdez-Castro, L. (2008). "New materials for consolidating stone". *Langmuir* 24: 2772-2778.
- Ziegenbald, G. (2008). "Colloidal calcium hydroxide- a new material for consolidation and conservation of carbonate stone". En *Proceedings of 11th International congress on deterioration and conservation of stone*, vol. III.
- López-Arce, P., Gómez, L.S., Pinho, L., Fernández-Valle, M.E., Álvarez de Buergo, M. y Fort, F. (2009). "The influence of relative humidity in the consolidation of magnesium limestone with nanolimes". En *Technart 2009. Non-destructive and Microanalytical Techniques in Art and Cultural Heritage*. Libro de Abstracts. Atenas, Grecia.

Perspectivas en el uso de láseres para la conservación del Patrimonio

Marta Castillejo

Instituto de Química Física Rocasolano, CSIC, Madrid, Spain. e-mail: marta.castillejo@iqfr.csic.es

Resumen

Desde sus inicios, el campo de los láseres en la conservación del patrimonio artístico y cultural ha mantenido un ritmo constante de evolución y progreso, adaptando y refinando métodos y procedimientos e incorporando nuevas herramientas en paralelo con la evolución de las tecnologías ópticas. Hoy en día se dispone de fuentes de luz láser en el laboratorio y en grandes infraestructuras, así como de sistemas compactos y transportables, que ofrecen la posibilidad de caracterización y análisis no destructivo y de formación de imágenes en dos y tres dimensiones, tanto in situ como a distancia, de materiales y objetos del patrimonio cultural. Esta charla ofrece una perspectiva de avances recientes en ciencia y tecnologías láser utilizadas en diagnóstico, caracterización, análisis y restauración del patrimonio, cuyos conceptos más avanzados se destacan a continuación.

El rango espectral de las fuentes de luz coherente disponible para su uso en el ámbito de la conservación ha sido recientemente ampliado con la incorporación de radiación de terahertzios, ondas electromagnéticas con longitudes de onda desde 10 micras a 3 mm. Dichas fuentes coherentes se utilizan en varios laboratorios para análisis no destructivo debido a su poder de penetración a través de materiales usualmente opacos a la radiación visible o ultravioleta. Utilizando pulsos de terahertzios es posible el estudio de frescos, pinturas, manuscritos y otros objetos.

En relación al dominio temporal de las fuentes de luz láser, se dispone hoy en día de pulsos ultracortos de femtosegundos ($1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$). Los pulsos ultracortos proporcionan nuevas soluciones para el análisis no invasivo y con alta resolución espacial de sustratos estratificados mediante técnicas de microscopía no lineal con generación del segundo y tercer armónico y fluorescencia de excitación multifotónica. Asimismo, los pulsos ultracortos pueden ser utilizados en tratamientos de limpieza, protección y consolidación con mínimos efectos secundarios de tipo térmico o químico.

Esfuerzos recientes se han dirigido a la incorporación de técnicas ampliamente utilizadas en biomedicina o ingeniería (por ejemplo la tomografía óptica coherente, las microscopías en modo confocal, etc.) a la esfera de la conservación de obras de arte, permitiendo en muchos casos una caracterización más completa de la estructura y composición de objetos. La microscopía confocal aplicada a las espectroscopías Raman o de fluorescencia de rayos X se utiliza para el análisis tridimensional y no destructivo con resolución de micras. En la charla, las técnicas y metodologías arriba mencionadas vendrán ilustradas con ejemplos de aplicación en muestras y objetos reales del patrimonio y se destacarán las posibilidades de los sistemas y metodologías láser para la investigación y el control de los aspectos físico-químicas del envejecimiento y degradación de objetos y estructuras del patrimonio.

Limpieza láser: una herramienta versátil para la restauración de pintura artística

Mohamed Oujja,¹ Solenne Gaspard,¹ Pablo Moreno,² Concepción Domingo,³ Marta Castillejo¹

¹Instituto de Química Física Rocasolano, CSIC, Serrano 119, 28006 Madrid. ²Servicio Láser, Universidad de Salamanca, Plaza de la Merced s/n, 37008 Salamanca. ³Instituto de Estructura de la Materia, CSIC, Serrano 121, 28006 Madrid. e-mail: m.oujja@iqfr.csic.es

Resumen

La aplicación de metodologías de limpieza láser de sustratos sensibles a la luz como los que se encuentran en pinturas artísticas es relativamente reciente. El uso creciente de los sistemas láser en la limpieza de obras de arte y objetos del Patrimonio Cultural se sustenta en el éxito cosechado en su aplicación a diversos problemas de conservación, pero de manera más importante en los avances efectuados en la comprensión de los mecanismos operativos en la interacción del láser con los materiales y sustratos tratados. Debido a ello son imprescindibles los estudios de tipo fundamental en sistemas modelo que posibilitan la determinación de los parámetros del láser y del sustrato que son claves para una correcta aplicación del láser sobre materiales de valor histórico o cultural. En este trabajo, se presenta el estudio realizado sobre los efectos morfológicos y químicos inducidos sobre muestras modelo de tempera envejecidas y sin barniz y su dependencia con los parámetros láser, longitud de onda, energía y duración de pulso. Para llevar a cabo el consiguiente análisis se ha utilizado un conjunto de técnicas analíticas, incluyendo la colorimetría para la cuantificación de los cambios de color, y la espectrofluorimetría y espectroscopía Raman por transformada de Fourier para la caracterización de los cambios químicos. La comparación de los resultados obtenidos utilizando diferente duración de pulso (nanosegundos y picosegundos) y longitudes de onda (del ultravioleta al infrarrojo cercano) (Oujja *et al.* 2009) con anteriores estudios disponibles en la literatura (Castillejo *et al.* 2001, 2002, 2003, Gaspard *et al.* 2008a, 2008b, Pouli *et al.* 2001) demuestran la participación de diversos mecanismos de diferente origen de acuerdo con la naturaleza química del pigmento de la capa pictórica y pone de relieve la importancia de la optimización de los parámetros láser en los tratamientos de conservación.

Agradecimientos

El trabajo aquí descrito ha sido parcialmente financiado por los proyectos CONSOLIDER (CSD2007-00058) y CTQ2007-60177-C02-01/PPQ del MEC, el proyecto Marie Curie (MESTCT-2004-513915) y la Red Temática de Patrimonio Histórico y Cultural (CSIC). Se agradece asimismo las contribuciones de los doctores C. Fotakis y P. Pouli (IESL, FORTH, Grecia).

Referencias

- Castillejo, M., Martín, M., Oujja, M., Silva, D., Torres, R., Manousaki, A., Zafiropulos, V., van den Brink, O.F., Heeren, R.M.A., Teule, R., Silva, A., Gouveia, H. (2002). "Analytical Study of the Chemical and Physical Changes Induced by KrF Laser Cleaning of Tempera Paints". *Analytical Chemistry* 74: 4662-4671.
- Castillejo, M., Martín, M., Oujja, M., Silva, D., Torres, R., Domingo, C., García-Ramos, J.V., Sánchez-Cortés, S. (2001). "Spectroscopic Analysis of Pigments and Binding Media of Polychromes by the Combination of Optical Laser-Based and Vibrational Techniques". *Applied Spectroscopy* 55: 992-998.
- Castillejo, M., Martín, M., Oujja, M., Santamaría, J., Silva, D., Torres, R., Manousaki, A., Zafiropulos, V., van den Brink, O.F., Heeren, R.M.A., Teule, R., Silva, A., Gouveia, H. (2003). "Evaluation of the chemical and physical changes induced by KrF laser irradiation of tempera paints". *Journal of Cultural Heritage* 4: 257s-263s.
- Gaspard, S., Oujja, M., Moreno, P., Méndez, C., García, A., Domingo, C., Castillejo, M. (2008a). "Interaction of femtosecond laser pulses with tempera paints". *Applied Surface Science* 255: 2675-2681.
- Gaspard, S., Oujja, M., Moreno, P., Méndez, C., García, A., Domingo, C., Castillejo, M. (2008b). "Femtosecond laser cleaning of paintings: Modifications of tempera paints by femtosecond laser irradiation". En M. Castillejo, P. Moreno, M. Oujja, R. Radvan y J. Ruiz (eds.) *Lasers in the Conservation of Artworks, Proceedings of LACONA VII*: 41-47. Lisse: Taylor and Francis Group.
- Oujja, M., Pouli, P., Domingo, C., Fotakis, C., Castillejo, M. (2009). "Wavelength and pulse duration effects on laser induced changes on unvarnished aged tempera paints". *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, enviado.
- Pouli, P., Emmony, D.C., Madden, C.E., Sutherland, I. (2001). "Analysis of laser induced-reduction mechanisms of medieval pigments". *Applied Surface Science* 173: 252-261.

Investigaciones y restauraciones en el Alcázar de Sevilla

Antonio Almagro

Laboratorio de Arqueología y Arquitectura de la Ciudad (LAAC). Escuela de Estudios Árabes, CSIC, c/ Frailes de la Victoria 7, 18010 Granada. e-mail: aalmagro@cica.es

Resumen

Desde hace más de diez años la Escuela de Estudios Árabes viene colaborando con el Patronato del Real Alcázar en el estudio y conservación de este importante monumento, inscrito en la Lista del Patrimonio Mundial. Las actividades desarrolladas en el Alcázar son un ejemplo del modo de trabajar del Laboratorio de Arqueología y Arquitectura de la Ciudad (LAAC), que desde su constitución viene desarrollando actividades de conservación e investigación del Patrimonio de manera interrelacionada como método más eficiente en la consecución de una mejor preservación del legado histórico y cultural.

Los primeros trabajos desarrollados por encargo del Patronato fueron de documentación planimétrica, que dieron lugar a la publicación de una carpeta de dibujos (Almagro 2000). Esta información sirvió como base para desarrollar investigaciones sobre el monumento, su forma original y su evolución en el tiempo fruto de las cuales han sido una serie de publicaciones científicas y otra de divulgación en forma de audiovisuales y aplicaciones informáticas interactivas algunas visibles en el propio monumento.

En el año 2003 la Dirección del Alcázar propuso a la Escuela hacerse cargo del proceso de recuperación del jardín medieval recientemente descubierto en el Patio de la Doncellas. Entramos así en una nueva fase de intervención más directa en el monumento que desde entonces se ha mantenido sin solución de continuidad, colaborando estrechamente con otros investigadores dentro del plan de actuaciones del Patronato.

El encargo en 2005 del estudio y restauración de la fachada del Palacio de Pedro I supuso un nuevo reto que se afrontó con la participación de otros grupos de la Red Temática de Patrimonio Histórico y Cultural del CSIC, que desarrollaron una amplia labor de investigación interdisciplinar aplicada a la restauración de este emblemático elemento del Alcázar, ya en avanzado estado de ejecución, y al conocimiento de distintos aspectos históricos y constructivos del monumento. A esta labor se han incorporado otros equipos con los que ya veníamos colaborando, tanto de la Universidad de Granada (restauración de pintura) como del INIA (dendrocronología).

En estos momentos se están estudiando nuevas actuaciones de investigación y restauración que esperamos seguir desarrollando en los próximos años. Fruto de todos estos trabajos ha sido la publicación de cerca de una decena de artículos en revistas y actas de reuniones científicas, tanto en materias de humanidades como de ciencias experimentales, mostrando la idoneidad de la metodología desarrollada (Almagro *et alli* 2008). En esta misma reunión se presentan algunos resultados parciales por parte de otros miembros del grupo de investigación.

Agradecimientos

Deseamos agradecer a la Dirección y al Patronato del Real Alcázar, organismo autónomo del Ayuntamiento de Sevilla, la confianza depositada en los investigadores y técnicos del CSIC y las facilidades y apoyo prestados en todo momento.

Referencias

Almagro Gorbea, A. (2000). *Planimetría del Alcázar de Sevilla*. Granada: Patronato del Real Alcázar.

Almagro, A. Navarro, J. Orihuela, (2008). "Metodología en la conservación del patrimonio arquitectónico medieval". En C. Saiz-Jiménez y M.A. Rogerio-Candelera (eds.). *La Investigación sobre Patrimonio Cultural*: 87-98. Sevilla: Red Temática del CSIC de Patrimonio Histórico y Cultural.

Avance de resultados del estudio sobre la evolución cromática del alero de la fachada del Palacio de Pedro I, Real Alcázar de Sevilla

Ariadna Hernández Pablos,¹ Ana García Bueno,¹ Antonio Almagro Gorbea,² Olimpia López Cruz,¹ Víctor Medina Flórez¹

¹Dpto. de Pintura, Facultad de Bellas Artes, Universidad de Granada, Avda. Andalucía s/n Edif. Aynadamar 18071 Granada. ²Escuela de Estudios Árabes, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Carmen de los Mínimos. C/ Frailes de la Victoria nº 7 18010 Granada. e-mail: ahernandez@ugr.es

Resumen

El Palacio de Pedro I, construcción levantada en los recintos del Real Alcázar de Sevilla, es uno de los monumentos más relevantes de la arquitectura medieval en España. Fue construido por el monarca entre los años 1356 y 1366 aprovechando algunos módulos constructivos del Alcázar Viejo, de época almohade, que ya habían sido reformados tras la reconquista de Sevilla. Dicho palacio ha mantenido su uso como residencia de los reyes cristianos, de manera ininterrumpida, hasta nuestros días y es uno de los mayores exponentes de la arquitectura mudéjar de España. Tal es su importancia que la UNESCO lo declaró Patrimonio de la Humanidad en 1987.

Uno de los elementos arquitectónicos más singulares de la fachada de este palacio es su impresionante alero de madera tallada, que remata el cuerpo central, de 10,50 m de largo, 2,50 m de volada y 3 m de altura frontal. Su superficie se encuentra decorada con una rica policromía, que al estar expuesta a la intemperie, ha sufrido un constante deterioro, motivando diversas intervenciones que se han sucedido en el tiempo y que han modificado sus características cromáticas.

Este trabajo aborda dicha evolución cromática, a partir del estudio de las partes correspondientes al segmento horizontal, concretamente, los sofitos, los canecillos y el frontal de los canecillos, por ser éstas las más protegidas del conjunto y que, por tanto, más información nos pueden aportar.

Para realizar esta investigación hemos partido de los resultados obtenidos por miembros de nuestro equipo en el estudio de materiales realizado durante el asesoramiento de la restauración integral de dicha fachada, el cual es objeto de otra comunicación en esta misma reunión técnica. A través del examen de las muestras recabadas se han identificado hasta cuatro niveles de policromías superpuestas.

A partir de la metodología de documentación gráfica que desarrollamos en nuestro grupo, los primeros resultados del estudio de la evolución cromática del Alero de Pedro I, nos permiten realizar una hipótesis parcial de reconstrucción virtual de los diferentes tratamientos cromáticos que se han sucedido a lo largo del tiempo, demostrándose el interés de este tipo de trabajos complementarios en los procesos de investigación y restauración del patrimonio.

Agradecimientos

Ante todo queremos hacer constar nuestro a D. Antonio Balón Alcalá, director del Real Alcázar de Sevilla, por permitirnos de realizar este trabajo. Esta investigación se ha desarrollando gracias a la financiación del Proyecto de Excelencia de la Junta de Andalucía, *Estudio y conservación de la decoración arquitectónica de tradición islámica* (HUM-02829).

Referencias

Almagro Gorbea, A. (2007). "Los Reales Alcázares de Sevilla" *Artigrama* 22: 155-185.

La policromía del alero de la fachada del Palacio de Pedro I, Real Alcázar de Sevilla (avance de resultados)

Olimpia López Cruz, Ana García Bueno, Ariadna Hernández Pablos, Víctor Medina Flórez

Dpto. de Pintura, Facultad de Bellas Artes, Universidad de Granada, Avda. Andalucía s/n Edif. Aynadamar
18071 Granada. e-mail: olimpia@ugr.es

Resumen

La fachada principal del Palacio mudéjar de Pedro I, edificado entre los años 1356 y 1366 sobre el antiguo alcázar almohade, constituye el elemento más representativo del conjunto monumental del Real Alcázar de Sevilla. Esta fachada se culmina con un monumental alero de madera policromada de grandes dimensiones (2,50 m. de vuelo, 10,50 m de largo y 3 m de altura frontal) que ha sido objeto de una reciente restauración.

Para el estudio de materiales, previo a dicha intervención, se efectuó una primera toma de muestras que, debido a las dificultades de acceso, se localizó en la ménsula izquierda; el cual permitió confirmar la existencia de numerosos repolicromados en el alero (Almagro 2009) e identificar los materiales utilizados y las alteraciones que presentaban. Sin embargo, debido a la escasa representatividad de este muestreo y aprovechando la infraestructura de andamiaje creada para los trabajos de restauración, se amplió el estudio a toda la superficie decorada, para lo cual se tomaron, en esta ocasión, 58 muestras más.

En este trabajo se recogen parte de los resultados obtenidos de este segundo muestreo, los correspondientes a 17 muestras de los sofitos y canecillos que, por su situación, al estar más protegidos y mejor conservados, podían aportar nuevos datos sobre repolicromados, y a 4 muestras procedentes del frontal del alero, una zona especialmente alterada por estar muy expuesta.

Tras efectuar un examen visual exhaustivo de todo el alero con su correspondiente documentación fotográfica, se realiza la investigación de laboratorio mediante diversas técnicas: para el estudio de fases inorgánicas y aspectos de textura, se han utilizado microscopía óptica y microscopía electrónica de barrido (SEM) con microanálisis mediante EDX. La identificación de materiales orgánicos se ha realizado mediante cromatografía de gases y cromatografía líquida de alta presión (HPLC).

Se confirma la existencia de, al menos, 4 policromías realizadas en épocas diferentes, una más de las identificadas en el estudio previo. El número de estratos varía entre 10 y 2, ya que una misma policromía suele presentar varias capas, estratos de oro o dorados y capas de preparación, que han permitido establecer, con bastante fiabilidad, cada una de las intervenciones. Respecto a los pigmentos, se han identificado el blanco de plomo y el yeso, en los blancos; el sulfuro de mercurio (bermellón), en el rojo; un arsenito acetato de cobre (verde esmeralda), en el verde, y en el azul, carbonato básico de cobre (azurita). El pigmento azul celeste es escaso y está constituido por un acetato de cobre de tipo verdigris. Los pigmentos negros, muy raros, corresponden probablemente a óxidos de hierro.

Agradecimientos

Queremos hacer constar nuestro agradecimiento al Dr. Antonio Almagro Gorbea y su equipo, pertenecientes a la Escuela de Estudios Árabes, CSIC, Granada, por la documentación facilitada, y a D. Antonio Balón Alcalá, director del Real Alcázar de Sevilla, por permitirnos de realizar este trabajo. Esta investigación se ha desarrollando gracias a la financiación del Proyecto de Excelencia de la Junta de Andalucía, *Estudio y conservación de la decoración arquitectónica de tradición islámica* (HUM-02829).

Referencia

Almagro, A. (coord.) (2009). "La portada del Palacio de Pedro I. Investigación y restauración". *Apuntes del Alcázar de Sevilla* 10: 7-67.

A panel painting by The Master of the Female Half-Lengths analysed by portable XRF

A. Križnar,² M.V. Muñoz,¹ F. de la Paz,¹ M. A. Respaldiza,² M. Vega¹

¹ Museo de Bellas Artes, Seville. ² Centro Nacional de Aceleradores, University of Seville.
e-mail: akriznar@us.es

Abstract

An anonymous Flemish painter, known as The Master of the Female Half-Lengths (Maestro de Medias Figuras), was active in the first half of the 16th century. He was probably trained in the Bernard van Orley's studio, yet his later style is closer to Ambrosius Benson and Adriaen Isenbrandt. He is known by female half-length figures, which gave him the name, and by religious scenes in wide landscapes. Museum of Fine Arts of Seville, the second most important gallery in Spain, has in its collection a beautiful panel painting representing *The Pieta* (towards 1550), which forms a part of the permanent exhibition.

A strange brownish colour image of the painting led to a research on pigments applied by the Master, trying to find out any possible changes during the centuries. For the pigments analysis, the non-destructive XRF technique was chosen, applied directly *in situ* in the exposition room. The equipment uses an X-ray tube of 30 kV with anode of W and one SDD detector with energy resolution of 140 eV.

A presence of Pb was discovered in all analysed points. Lead reveals the use of lead compounds, in part as pigments and in part as dryers. The white pigment was lead white, used also in the preparation layer and as additive to lighten other colours. Together with red cinnabar it was mixed also for carnations. Cinnabar (denoted by high Hg peaks) and red ochre (high Fe peaks) were the main red pigments, but the painter must have used also an organic red pigment, probably carmine, which can not be detected by XRF. Green areas were painted by some copper based pigment, shown by high Cu peaks. Burned yellow ochre or natural or burned umbra were used for the shadows and brown tones. The black colour is of organic origin, probably bone black (high Ca peaks) and therefore not detected by XRF technique. The results of brownish colour in some figures' vestments and on the sky showed well observed Co, Ni, As and Bi peaks, revealing the use of the blue pigment smalt. The pigment suffered an alteration and lost his original colour, which gave the strange brownish image to the whole painting.

In many analysed areas retouches were discovered. They were carried out during the 20th century with a relatively modern Zn white pigment. The restorer mixed it with other pigments to obtain the desired tonality for the retouched area. The obtained information on the bases of this research gave important knowledge for the future preservation and conservation of this and similar panel paintings in the exhibition area.

Acknowledgements

We acknowledge the financial support from the Project of Excellence 2005/HUM-493 of Junta de Andalucía.

Contextualización histórica de datos analíticos: las monedas del Cristo de la Luz (Toledo)

J. Fabián Cuesta Gómez, Ignacio Montero Ruiz, Arturo Ruiz Taboada

Instituto de Historia, CCHS-CSIC. C/ Albasanz 26-28. 28037-Madrid. e-mail: fabian.cuesta@cchs.csic.es

Resumen

Durante los trabajos de excavación en la Mezquita de El Cristo de la Luz (Toledo) se recuperaron en diversos contextos y unidades estratigráficas alrededor de 300 monedas. Este conjunto de monedas es un reflejo de la propia historia del monumento y de la ciudad de Toledo, pero también con su estudio a través de técnicas de análisis elemental podemos profundizar en aspectos de Historia económica de mayor alcance.

Las 77 monedas analizadas del Cristo de la Luz, al ser consideradas como un elemento arqueológico más, ha permitido que se estudien, casi por primera vez en España, acuñaciones de época moderna y contemporánea, y que además la información analítica sea aprovechada no solo para la interpretación arqueológica del conjunto, sino también para aportar información sobre las propias monedas. En este sentido, hay que destacar que el grado de conservación de los ejemplares recuperados en la excavación es muy variable, desde piezas poco gastadas y que permiten una identificación clara de todos los elementos informativos sobre la acuñación, a otras muy desgastadas en las que apenas hay rasgos visibles que permitan su clasificación, e incluso monedas rotas o incompletas. En nuestro caso el análisis ha servido además para ayudar a clasificar algunos de estos ejemplares a través del contenido en plata. Este metal sirve como indicador de la cronología de las acuñaciones ya que existe documentación histórica sobre la ley que legalmente debían llevar las monedas y que ha ido cambiando a través del tiempo.

Para conocer la composición de los elementos metálicos se ha empleado la técnica de fluorescencia de rayos X en dispersión de energía (ED-XRF). El equipo empleado ha sido el espectrómetro del Museo arqueológico Nacional, un Metorex X-MET 920 con un cabezal en el que se aloja la fuente radiactiva (Am-241) con una intensidad de 20mCi. El detector de la fluorescencia de rayos X es de tipo Si(Li), de estado sólido, refrigerado con nitrógeno líquido. El espectrómetro tiene capacidad de detección para elementos de número atómico mayor de 20. Las tomas analíticas se han realizado durante un tiempo de medida de entre 200 y 300 sg. El análisis cuantitativo se ha realizado mediante el ajuste a patrones certificados, expresándose los valores como % en peso. Todos los valores aparecen normalizados al 100 %.

Aplicación del análisis de imagen al estudio y documentación del arte rupestre

Miguel Ángel Rogerio Candelera

Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, CSIC. Avenida Reina Mercedes, 10; 41012 Sevilla. e-mail: marogero@irnase.csic.es

Resumen

La aplicación de técnicas de análisis de imagen a paneles rupestres comienza, al menos formalmente, a ser uno de los pasos obligados a la hora de acometer la documentación de los mismos. La mayoría de las aplicaciones publicadas, sin embargo, sólo hacen uso de técnicas de retoque fotográfico para conseguir el incremento del contraste y mejorar la visualización. En los últimos años, la implementación de un enfoque analítico de estas técnicas nos ha permitido optimizar los procedimientos para la obtención de calcos digitales de pinturas rupestres, evitando la utilización del retoque fotográfico. Las técnicas de análisis de imagen empleadas (descorrelación mediante Análisis de Componentes Principales, clasificación digital de imágenes y vectorización automática), facilitan no sólo la mejora en la visualización de los motivos y ulterior obtención de calcos ajustados de las manifestaciones parietales, sino también la detección de repintes, la asignación de figuras a distintas fases de elaboración de paneles complejos o la cartografía de diferentes cubiertas implicadas en la conservación de los paneles.

Los resultados obtenidos a lo largo de los últimos años, nos permiten, así, acercarnos al concepto de documentación integral del arte rupestre, entendida como aquella capaz de proporcionar al mismo tiempo datos útiles para la investigación arqueológica en sentido estricto y para los estudios encaminados a la conservación de estos bienes, de manera que se optimicen los esfuerzos y se minimice la posible afección a los paneles.

En este trabajo se presentan los diversos enfoques de análisis de imagen llevados a cabo en los abrigos de Muriecho L (Colungo, Huesca), La Coquinera II (Obón, Teruel), la Cueva del Encajero (Quesada, Jaén), El abrigo 1 de Faia (Conjunto Arqueológico do Vale do Côa, Portugal), o la cueva de Altamira entre otros lugares.

Agradecimientos

Este trabajo se ha llevado a cabo en el marco de los proyectos "Aplicación de técnicas de teledetección a la monitorización del biodeterioro y documentación de bienes culturales en ambientes hipogeos" (CSIC PIE 200440E327) y "Programa de investigación en Tecnologías para la Valoración y Conservación del Patrimonio" (CONSOLIDER CSD2007-00058).

Arqueología de la arquitectura en las murallas de León y Cáceres

José Ignacio Murillo Fragero

G.I. Arqueología de la Arquitectura, Instituto de Historia, C.C.H.S., Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Albasanz, 26-28. 28037, Madrid. e-mail: murillo.arq@gmail.com

Resumen

El estado actual del estudio de las construcciones históricas en España dentro del ámbito de la Arqueología de la Arquitectura se puede considerar un modelo de análisis en vías de generalización. Su aplicación en el ámbito urbano es habitual aunque no arrastre siempre un análisis urbanístico. Contamos con interesantes casos como el desarrollado en los cascos antiguos de Vitoria, a partir de la Catedral de Santa María (Azkarate y García Camino 1996, Azkarate y Solaun 2003), y Sevilla (Tabales 1997), con labores como las del Alcazar (Tabales 2000, 2002) o el Cuartel del Carmen (Tabales *et al.* 2002), pero esta actividad debe aún consolidarse en un escenario geográfico mayor.

Como ya es sobradamente conocido, el análisis de los edificios históricos dentro del marco estratigráfico ofrece un conocimiento pormenorizado de las partes que componen sus fábricas y permite secuenciarlas agrupadas en actividades de una misma acción *constructiva, destructiva o restauradora*. Las actividades son la base para comenzar un proceso de conocimiento mayor del propio edificio que, puestas en relación con las de arquitecturas colindantes, nos ofrece una herramienta de indudable valor para estudiar la secuencia entre edificaciones de un mismo ámbito poblacional. Es aquí donde nos interesaba llegar con el fin de hacer hincapié en la importante baza que juega la Arqueología de la Arquitectura para el conocimiento de las complejas tramas urbanas.

En este sentido, deseamos ofrecer los resultados de dos casos singulares que han sido analizados por nuestro equipo, con el fin de mostrar pros y contras de lo anteriormente expuesto. Nos referimos a las murallas de las ciudades de León y Cáceres. Las cintas murarias son un importante eje vertebrador de la secuencia urbana que, dado su carácter extensivo, se relacionan con un entorno inmediato amplísimo que recoge todo tipo de espacios arquitectónicos característicos de la trama urbana. Por esta circunstancia, vemos en la Lectura de Paramentos de las murallas un interesante acercamiento al conocimiento de la secuencia urbana. En León el recorrido de las murallas ofrece centenares de metros continuos con amplios alzados de lienzos y torres en los que se han detectado innumerables actividades de reconstrucción. Esta virtud ha supuesto, sin embargo, el principal problema para su análisis, ya que tal dimensión constructiva dificulta su observación. Por ello nos hemos apoyado en las variables cronotipológicas de sus fábricas. Sin embargo, en Cáceres el valor estratigráfico ha sido el principal eje de análisis ya que, aunque no de menores dimensiones, la observación ha sido más cómoda y las variables tipológicas menores.

En ambos casos nos hemos enfrentado a edificios de origen unitario que actualmente reconocemos fragmentados y envueltos, por un lado, por las edificaciones que han aprovechado sus estructuras para adosar viviendas o, por otro, tan restaurados tras la eliminación de estas en la purista idea de recuperar la fortificación sin aditamentos.

Referencias

- Azkarate, A. y García Camino, I. (1996). *Estelas e inscripciones altomedievales del País Vasco (Siglos VI-XI). I. País Vasco Occidental*. Bilbao: Universidad del País Vasco/Gobierno Vasco.
- Azkarate Garai-Olaun, A.; Solaun Bustinza, J.L. (2003). "Después del Imperio romano y antes del año mil: morfología urbana, técnicas constructivas y producciones cerámicas". *Arqueología de la Arquitectura* 2: 37-46.
- Tabales Rodríguez, M.A. (1997). "Análisis arqueológico de paramentos. Aplicación en el patrimonio edificado sevillano". *SPAL* 6: 263-296.
- Tabales Rodríguez, M.A. (2000). "Algunas reflexiones sobre las fábricas y cimentaciones sevillanas en el período islámico". En *Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la construcción*, Vol. 2: 1077-1088.
- Tabales Rodríguez, M.A. (2002). "Arqueología y rehabilitación en Sevilla: desarrollo metodológico y práctico". *Arqueología de la Arquitectura* 1: 193-206.
- Tabales, M.A., Pozo, F. y Oliva, D. (2002). *Análisis arqueológico. El Cuartel del Carmen de Sevilla*. Sevilla: Junta de Andalucía.

Intervenciones en el patrimonio almorávide de Marrakech

María Marcos Cobaleda

Departamento de Historia del Arte. Universidad de Granada. Facultad de Filosofía y Letras, Campus de Cartuja, s/n, 18071 Granada. e-mail: mmcobaleda@ugr.es

Resumen

Desde los años 50 del pasado siglo, la ciudad de Marrakech experimentó un cambio en cuanto al conocimiento y el estudio del patrimonio, gracias a las numerosas excavaciones arqueológicas en los lugares más importantes (históricamente hablando) de la ciudad, por parte de grandes investigadores franceses, como Jacques Meunié o Henri Terrasse, quienes llevaron a cabo la excavación de la primera Kutubiyya, en la que además de los restos de esta primera mezquita almohade aparecieron vestigios del palacio y la fortaleza almorávides del momento de fundación de la ciudad: el Qasr al-Hayar de Yusuf Ibn Tashufin y el palacio de su hijo 'Ali.

Desde ese momento, la Inspección de Monumentos Históricos de Marrakech ha hecho un gran esfuerzo por la conservación del patrimonio de la ciudad, que puede traducirse en cómo se ha intervenido en esta primera Kutubiyya, así como en los restos más interesantes del palacio de 'Ali, que fueron trasladados a la explanada ante el gran alminar almohade para poder ser contemplados por los investigadores y ciudadanos.

También la mezquita aljama actual fue restaurada para mejorar su conservación, así como su alminar, y los trabajos realizados en los últimos años se han extendido a otras zonas, como la muralla de la ciudad, la Qubbat al-Barudiyyin, o el Minbar de la Kutubiyya, cuyo proceso de restauración se muestra a través de numerosos paneles explicativos en el Palacio del Badi'.

Por todo ello, nos disponemos a recoger en la presente comunicación todas esas intervenciones que se han realizado sobre el patrimonio almorávide en la ciudad de Marrakech o sobre aquellos restos no almorávides que están directamente relacionados con este patrimonio, analizando en la medida de lo posible los materiales y técnicas empleados en esos trabajos por parte de la Inspección de Monumentos de Marrakech.

Relación de Participantes

AGER VÁZQUEZ, Francisco José
Centro Nacional de Aceleradores. Universidad de Sevilla
fjager@us.es

AGUA MARTINEZ, Fernando
Instituto de Historia, Centro de Ciencias Humanas y Sociales (CSIC)
fernando.agua@cchs.csic.es

ALMAGRO, Antonio
Laboratorio de Arqueología y Arquitectura de la Ciudad - Escuela de Estudios Árabes (CSIC)
aalmagro@eea.csic.es

ALVAREZ DE BUERGO, Monica
Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM)
alvarezm@geo.ucm.es

AZORIN LOPEZ, Virtudes
Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (CSIC)
vazorin@ietcc.csic.es

BLANCO VARELA, María Teresa
Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (CSIC)
blancomt@ietcc.csic.es

CANO DIAZ, Emilio
Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CENIM)-CSIC
ecano@cenim.csic.es

CARMONA QUIROGA, Paula
Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (CSIC)
paula@ietcc.csic.es

CASTILLEJO, Marta
Instituto de Química-Física Rocasolano (CSIC)
marta.castillejo@iqfr.csic.es

COLLADO MONTERO, Francisco José
Facultad de Bellas Artes Alonso Cano, Universidad de Granada
fcollado@ugr.es

CONDE MORENO, Juan Felix
Instituto de Historia, Centro de Ciencias Humanas y Sociales (CSIC)
juanfelix.conde@cchs.csic.es

CUESTA GÓMEZ, J. Fabian
Instituto de Historia, Centro de Ciencias Humanas y Sociales (CSIC)
fabian.cuesta@cchs.csic.es

DOMINGO MAROTO, Concepción
Instituto de Estructura de la Materia (CSIC)
cdomingo@iem.cfmac.csic.es

ESPEJO, Teresa
Facultad de Bellas Artes Alonso Cano, Universidad de Granada
tespejo@ugr.es

FERNÁNDEZ CRUZ, Olimpia
Facultad de Bellas Artes Alonso Cano, Universidad de Granada
olimpia@ugr.es

FORT, Rafael
Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM)
rafort@geo.ucm.es

FRIAS ROJAS, Moisés
Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (CSIC)
mfrias@ietcc.csic.es

GARCÍA BUENO, Ana
Facultad de Bellas Artes Alonso Cano, Universidad de Granada
anagar@ugr.es

GARCÍA DEL CURA, M^a Ángeles
Laboratorio de Petrología Aplicada. Unidad asociada Universidad de Alicante - CSIC
angegcura@ua.es

GÓMEZ VILLALBA, Luz
Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM)
luzgomez@geo.ucm.es

HERMOSÍN CAMPOS, Bernardo
Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología, CSIC
hermosin@irnase.csic.es

HERNÁNDEZ PABLOS, Ariadna
Facultad de Bellas Artes Alonso Cano, Universidad de Granada
ahernandez@ugr.es

ÍÑIGO ÍÑIGO, Adolfo Carlos
Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca (CSIC)
Adolfo.inigo@irnasa.csic.es

JURADO LOBO, Valme
Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología, CSIC
vjurado@irnase.csic.es

LAFUENTE, Diana
Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CENIM)-CSIC
diana.lafuente@gmail.com

LÓPEZ ARCE, Paula
Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM)
plopezar@geo.ucm.es

MARCOS COVALEDA, María
Departamento de Historia del Arte. Universidad de Granada
mmcobaleda@yahoo.es

MARTINEZ MARTINEZ, Javier
Laboratorio de Petrología Aplicada. Unidad asociada Universidad de Alicante - CSIC
Javier.martinez@ua.es

MEDINA FLÓREZ, Víctor J.
Facultad de Bellas Artes Alonso Cano, Universidad de Granada
vmedina@ugr.es

NAVARRO PALAZÓN, Julio
Laboratorio de Arqueología y Arquitectura de la Ciudad - Escuela de Estudios Árabes (CSIC)
julionavarro@eea.csic.es

ORIHUELA, Antonio
Laboratorio de Arqueología y Arquitectura de la Ciudad - Escuela de Estudios Árabes (CSIC)
orihuela@eea.csic.es

OIJJA, Mohamed
Instituto de Química-Física Rocasolano (CSIC)
iqrmo85@iqfr.csic.es

PASCUAL CENTENERA, Carmen
Instituto de Cerámica y Vidrio (CSIC)
cpascual@icv.csic.es

PEÑA POZA, Javier
Instituto de Historia, Centro de Ciencias Humanas y Sociales (CSIC)
javier.pena@cchs.csic.es

PERAL BEJARANO, Carmen
Ayuntamiento de Málaga
mcpéral@malaga.eu

PÉREZ PARIENTE, Joaquín
Instituto de Catálisis y Petroquímica (CSIC)
jperez@icp.csic.es

PORCA BELÍO, Estefanía
Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología, CSIC
eporca@irnase.csic.es

RECIO DE LA ROSA, Paloma
Instituto de Cerámica y Vidrio (CSIC)
precio@icv.csic.es

RESPALDIZA, Miguel Ángel
Centro Nacional de Aceleradores. Universidad de Sevilla
respaldiza@us.es

ROGERIO CANDELERA, Miguel Ángel
Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología, CSIC
marogero@irnase.csic.es

SÁIZ JIMÉNEZ, Cesáreo
Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología, CSIC
saiz@irnase.csic.es

SÁNCHEZ CORTÉS, Santiago
Instituto de Estructura de la Materia (CSIC)
imts158@iem.cfm.csic.es

SANCHEZ DE ROJAS GÓMEZ, M^a Isabel
Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (CSIC)
srojas@ietcc.csic.es

TÁRRAGA BALDÓ, María Luisa
Centro de Ciencias Humanas y Sociales (CSIC)
Ceht108@ih.csic.es

a

Ager, F.J. 16
Agua, F. 14
Almagro Gorbea, A. 22, 23
Álvarez de Buergo, M. 11, 19

b

Bastidas, J.M. 8
Belén Deamos, M. 3
Benavente, D. 5
Blanco Varela, M.T. 9, 10
Bruno, G. 18

c

Cano, E. 8
Carmona Quiroga, P. M. 9, 10
Castaing, J. 6
Castillejo, M. 11, 20, 21
Chapa, T. 3
Collado-Montero, F.J. 12
Conde, J.F. 14
Criado, E. 13
Cuesta Gómez, J.F. 26

d

de Aza, S. 13
de la Paz, F. 25
del Puerto, E. 15, 18
Domingo, C. 10, 15, 18, 21
Duran, A. 6

e

Espejo, T. 6

f

Fort, R. 3, 11, 19

g

García Bueno, A. 23, 24
García del Cura, M.A. 5
García-Heras, M. 14
García-Ramos, J.V. 15, 18
Gaspard, S. 21
Gómez-Tubío, B. 16
Gómez Villalba, L.S. 11, 19
González Laguna, R. 11

h

Henares Cuéllar, I. 3
Hernández Pablos, A. 23, 24

j

Jurado, V. 4
Jurasekova, Z. 18

k

Križnar, A. 25

l

Lafuente, D. 8
López-Arce, P. 19
López Cruz, O., 23, 24
Lozano Fernández, R. 11

m

Mañueco, C. 13
Marcos Cobaleda, M. 29
Martín Crespo, T. 11
Martínez-Martínez, J. 5
Martínez Navarrete, M.I. 3
Martínez-Ramírez, S. 9, 10, 11
Medina-Flórez, V.J. 12, 23, 24
Moreno, P. 21
Moreno-Suárez, A.I. 16
Montero Ruiz, I. 26
Muñoz, M.V. 25
Murillo Fragero, J.I. 28

o

Ontalba-Salamanca, M.A. 16
Ortega-Feliu, I. 16
Oujja, M., 11, 21

p

Palomar, T. 14
Pascual, C. 13
Pastrana, M.P. 4
Peña-Poza, J. 14
Perez-Rodriguez, J.L. 6
Porca, E. 4

r

Recio, P. 13
Respaldiza, M.A. 16, 25
Rogerio-Candelera, M.A. 27
Ruiz Taboada, A. 26

s

Sáiz-Jiménez, C. 4
Sánchez-Cortés, S. 15, 18

v

Vallejo, I. 3
Valle, F.J. 13
Vázquez-Calvo, C. 3
Vega, M. 25
Villegas, M.A. 14

